

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Institut dopravy

# **Fyzický model navigačních prostředků letišť**

## **Physical Model of Airport Navigation Systems**

Student:

Samuel Cienciala

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Vojtěch Graf, Ph.D.

Ostrava 2020

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Institut dopravy

## Zadání bakalářské práce

Student: **Samuel Cienciala**  
Studijní program: B3712 Technologie letecké dopravy  
Studijní obor: 3708R037 Technologie provozu letecké techniky  
Téma: **Fyzický model navigačních prostředků letiště**  
**Physical Model of Airport Navigation Systems**  
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

### Cíl práce:

Znázornění nejpoužívanějších navigačních prostředků a jejich principů na fyzickém modelu letiště Ostrava.

### Osnova práce:

1. Úvod.
2. Historie přibližovacích prostředků letišť.
3. Předpis L14.
4. Rozdělení přiblížení na přesné a přístrojové.
5. Popis navigačních prostředků na letišti Ostrava.
6. Model letiště Ostrava.
7. Závěr.

Seznam doporučené odborné literatury:

KAZDA, Antonín. Letiská: design a prevádzka. V Žiline: Vysoká škola dopravy a spojov, 1995. ISBN 80-7100-240-2.

VOSECKÝ, Slavomír. Radionavigace (062 00). Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006. Učební texty pro teoretickou přípravu dopravních pilotů dle předpisu JAR-FCL 1. ISBN 80-7204-448-6.

HELFRICK, Albert D. Principles of avionics. 5th ed. Leesburg: Avionics Communications, c2009. ISBN 978-1-885544-27-8.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Vojtěch Graf, Ph.D.**

Datum zadání: 20.12.2019

Datum odevzdání: 18.05.2020



prof. Ing. Aleš Slíva, Ph.D.  
vedoucí katedry



prof. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty

### **Místopřísežné prohlášení studenta**

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci, včetně příloh, vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 1. 5. 2020

.....  
Podpis studenta

Prohlašuji, že:

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou (bakalářskou) práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.

- беру на ве́домі, że Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou (bakalářskou) práci užít (§ 35 odst. 3).


- souhlasím s tím, že diplomová (bakalářská) práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové (bakalářské) práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.

- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.

- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou (bakalářskou) práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

- беру на ве́домі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 1. 5. 2020

  
.....  
Podpis studenta

Jméno a příjmení autora práce:

Samuel Cienciala

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Hlavní třída 57

Havířov – Město, 736 01

## ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

CIENCIALA, S. *Fyzický model navigačních prostředků letiště: bakalářská práce.*

Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Institut dopravy, 2020, 52 s.  
Vedoucí práce: Graf, V.

Bakalářská práce se zabývá navigačními prostředky pro přiblížení letounu na letiště. Práce obsahuje popis používaných navigačních prostředků na mezinárodních letištích. V textu je také popsán legislativní rámec týkající využití navigačních prostředků. Detailně jsou pak popsány navigační prostředky nacházející se na Letišti Leoše Janáčka Ostrava. Výsledkem bakalářské práce je vytvořený fyzický model Letiště Leoše Janáčka Ostrava, vybaveného vizualizací navigačních prostředků pro přiblížení. Model bude sloužit jako doprovodný materiál pro výuku studentů v rámci předmětů Letecká legislativa v provozu, Řízení letového provozu, Provozní postupy a Přístrojové vybavení letadel.

## ANNOTATION OF THE BACHELOR THESIS

CIENCIALA, S. *Physical Model of Airport Navigation Systems: Bachelor thesis.*

Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering,  
Institute of transportation, 2020, 52 p. Thesis head: Graf, V.

Bachelor thesis is focused on navigation systems for approaching the plane to the airport. Thesis contains a description of used navigation systems on international airports. The text also describes the legislative scope of use of navigation systems. In detail are described systems which are located at Leoš Janáček Ostrava Airport. Result of this thesis is a physical model of Leoš Janáček Ostrava Airport, equipped with visualisation resources for approach of the plane. Model will serve as an accompanying material for education in subjects like Aeronautical laws, Air Traffic Control, Aircraft Operation Procedure and Aircraft equipment.

## Seznam použitých zkratk

<b>Zkratka</b>	<b>Český význam</b>	<b>Anglický význam</b>
ACN	Klasifikační číslo letounu	Aircraft classification number
AIP	Letecká informační příručka	Aeronautical information publication
DME	Měřič vzdálenosti	Distance measuring equipment
FAF	Koncový bod přiblížení	Final approach fix
FIX	Navigační bod	Navigation point
GNSS	Světový satelitní systém	Global navigation satellite system
GP	Sestupová rovina	Glide path
GPS	Světový navigační systém	Global Positioning System
IATA	Mezinárodní organizace leteckých dopravců	The International Air Transport Association
ICAO	Mezinárodní organizace pro civilní letectví	The International Civil Aviation Organization
IFR	Let podle přístrojů	Instrument flight rules
ILS	Přístroj pro přiblížení	Instrument Landing System
LC	Zaměřovač	Localizer
LKMT	Letiště Leoše Janáčka Ostrava	Leoš Janáček Ostrava Airport
LNAV	Horizontální navigace	Lateral navigation
LVP	Postupy pro nízkou viditelnost	Low Visibility Procedures
MAPt	Bod nezdařeného přiblížení	Missed Approach Point
MSL	Mikrovlnný přistávací systém	Microwave Landing System
NDB	Nesměrový maják	Non-Directional Beacon
OSB	Lisovaná dřevěná deska	Oriented strand board
OSN	Organizace spojených národů	United Nations
PAPI	Světelná sestupová soustava	Precision approach path indicator
PAR	Přibližovací radar	Precision approach radar
PCN	Klasifikační číslo vozovky	Pavement classification number
RNP	Navigační schopnost	Required Navigation Performance
RWY	Vzletová a přistávací dráha	Runway
SRA	Přehledový radar	Surveillance radar approach
TWY	Pojížděcí dráha	Taxiway

VFR	Let za vidu	Vizual flight rules
VHF	Velmi krátké vlny	Very high frequency
VNAV	Vertikální navigace	Vertical navigation
VOR	Všesměrový radiomaják	Very high frequency Omnidirectional radio Range

# Obsah

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK .....	6
ÚVOD .....	9
1. HISTORIE .....	10
2. L14 .....	11
2.1 HLAVA 1 .....	12
2.2 HLAVA 2 .....	13
2.3 HLAVA 3 .....	14
2.4 HLAVA 4 .....	15
2.5 HLAVA 5 .....	15
3. PŘESNÉ A PŘÍSTROJOVÉ PŘIBLÍŽENÍ .....	20
3.1 PŘIBLÍŽENÍ .....	20
3.2 PŘESNÉ PŘIBLÍŽENÍ .....	21
3.2.1 ILS .....	21
3.2.2 MLS .....	26
3.3 NEPŘESNÉ PŘÍSTROJOVÉ PŘIBLÍŽENÍ .....	26
3.3.1 ILS bez elektronické sestupové roviny .....	27
3.3.2 Přiblížení VOR/DME .....	27
3.3.3 NDB (Non Directional Beacon) .....	29
3.3.4 SRA (Surveillance Radar Approach) .....	30
3.3 PŘIBLÍŽENÍ OKRUHEM .....	30
3.4 PŘIBLÍŽENÍ ZA VIDITELNOSTI ZEMĚ .....	30
3.5 RNAV .....	30
4. NAVIGAČNÍ PROSTŘEDKY LETIŠTĚ LEOŠE JANÁČKA OSTRAVA .....	32
4.1 NÁVĚSTIDLA .....	32
4.1.1 Přibližovací a dráhová světelná soustava .....	33
4.2 NAVIGAČNÍ PROSTŘEDKY PRO PŘESNÉ PŘIBLÍŽENÍ .....	35
4.3 NAVIGAČNÍ PROSTŘEDKY PRO NEPŘESNÉ PŘIBLÍŽENÍ .....	36
5. MODEL LETIŠTĚ .....	37
5.1 KONSTRUKCE MODELU .....	37
5.2 POVRCH .....	38
5.3 VIZUÁLNÍ NAVIGAČNÍ PROSTŘEDKY .....	40
5.3.1 Barevné značení .....	40
5.3.2 Světelná návěstidla .....	41
5.4 MODEL ILS .....	44
5.5 MODEL VOR .....	44
5.6 MODEL Y BUDOV .....	45
5.7 FINANČNÍ NÁROČNOST MODELU .....	45
5.8 POROVNÁNÍ SE STARÝM MODELEM .....	45
ZÁVĚR .....	48
PODĚKOVÁNÍ .....	49
ZDROJE: .....	50
SEZNAM OBRÁZKŮ .....	51
SEZNAM TABULEK .....	52



# Úvod

Letecká doprava je velmi náročné odvětví moderní vědy a techniky. Dnešní letadla se neustále vyvíjejí a modernizují. Aby byla dosažena co největší hospodárnost celého letu, ale převážně aby byla dosažena co největší možná bezpečnost. Nejkritičtější části letu je přistání. Proto už od počátku rozmachu letecké dopravy se vývojáři snaží dosáhnout co největší bezpečnosti při něm. Letectví za svou existenci zaznamenalo mnoho různých druhů pomocníků při přistání. Dnešní letadla jsou dokonce schopna přistát sama. Nejvíce ovlivňujícím prvkem při přistání je počasí. To může způsobit velmi nízkou viditelnost a piloti z letadla nejsou schopni identifikovat polohu a směr letu. Pro tyto případy byly vyvíjeny různé systémy, které by tuto orientaci pilotům usnadnily a zabránily střetu s překážkami či zemí.

Tato práce se bude zabývat rozбором předpisu L14. Tento předpis definuje všechny prvky, které musí být na letištích. Dále rozбором principů nejpoužívanějších navigačních prostředků při přiblížení.

Pro lepší představení studentům složitých navigačních systémů je zřízen tento model. Model není zaměřen pouze na přiblížení, ale na celkový pohyb po provozních plochách letiště.

Jako předloha bylo zvoleno Letiště Leoše Janáčka Ostrava což je nejbližší letiště v okolí Ostravy s mezinárodním provozem a moderními navigačními systémy.

Tento model bude umístěn v prostorách Institutu dopravy.

# 1. Historie

Po první světové válce se začíná uplatňovat technický pokrok letadel také v civilním letectví a začíná se formovat civilní letecká doprava. Navigace posádky byla převážně vizuální, kdy srovnávali svou polohu s mapou a zemí. Na letištích byly zřízeny vizuální prostředky jako praporky, informační nápisy nebo větrné rukávy. Při zhoršené viditelnosti se používala signalizace pomocí světlic, světlometek, výstražných světel či letištních otočných majáků. Letouny byly vybaveny základními přístroji, jako je výškoměr s dostatečnou přesností, který pilotovi umožňoval vyhnout se překážkám a horám. Dalším přístrojem byl umělý horizont, který dával pilotovi informace o poloze letounu v prostoru, když mlha nebo mraky zakrývaly skutečný horizont mezi zemí a oblohou. Během dalšího rozvoje se na trasách, po kterých se provozovaly lety nejčastěji, objevily svítící otočné majáky, které pomáhaly posádkám s navigací. Zavádělo se rádiové spojení na letištích, později se také budovaly pozemní rádiové zaměřovače, ty napomáhaly s navigací posádky i v nepříznivých meteorologických podmínkách. Na delších vzdálenostech se počítalo s časem, polohou a rychlostí letu. Na základě informace o poloze, rychlosti a směru letu bylo pro piloty poměrně snadné vypočítat průběh letu a kontrolovat si tak záchytné body na trati.

Po druhé světové válce bylo mnoho vojenských letadel bez využití, proto se mnohá z nich přestavěla na civilní a civilní letectví tak zaznamenalo obrovskou expanzi. Druhá světová válka také přinesla velké změny v navigaci: začaly se používat prostředky jako radar, přibližovací systém ILS a další prostředky pro dálkovou navigaci. Další zdokonalování navigačních systémů proběhlo při zavádění proudových letounů, letecký provoz houstnul a bylo potřeba zajistit dokonalejší systémy řízení a zabezpečení letů. Byly zavedeny vyšší kategorie přesných přibližovacích systémů, pro navigaci na delší vzdálenosti byly zavedeny majáky VOR a DME a zdokonalila se také radiokomunikace.

Dnes se zavádí navigace pomocí satelitů, které umožňují přímý let z bodu do bodu, což způsobuje, že se nemusí letět po radionavigačních majácích a lety jsou tak ekonomičtější. Upouští se také od letových cest a vytváří se volný letový tok, kdy trať letu může být nejvýhodnější trajektorie po ortodromě a nemusí se letět po letových cestách. Kvůli vytíženosti velkých letišť se používají různé moderní přibližovací prostředky, které jsou velmi přesné. [1], [2], [6]

## 2. L14

Hlavními požadavky letecké dopravy je bezpečnost. Díky ní se necítí zákazníci leteckých společností v nebezpečí a jsou tedy ochotni cestovat letadly. Jedním ze způsobů, jak zajistit standardní úroveň bezpečnosti je vytvoření celosvětových jednotných předpisů a norem, které se zabývají pozemním i vzdušným provozem. Největší potřeba sjednocení požadavků a postupů na letištích využívaných dopravními letouny byla po druhé světové válce. V roce 1944 vznikla podepsáním Chicagské úmluvy Mezinárodní organizace pro civilní letectví, která používá zkratku ICAO (International Civil Aviation Organization). Tato úmluva nabyla platnost až v dubnu 1947.

ICAO je vládní organizace pod záštitou OSN, spolupracuje se 193 členskými státy a skupinami. Vyvádí mezinárodní standardy a doporučující postupy. Cílem je bezpečný, efektivní, ekonomicky udržitelný a ekologický rozvoj civilního letectví. Členské státy poté tyto zásady používají tak, aby jejich předpisy byly v souladu s globálními normami a umožňovaly tak globální síti pracovat bezpečně, efektivně a spolehlivě ve všech regionech světa. Jejich doporučení se jmenují Annexy. Jsou číslovány od 1 do 19. Každý annex se zabývá určitou oblastí letecké dopravy. Annexy mohou být v průběhu času opravovány a měněny. Každý členský stát ICAO má právo prostřednictvím svého leteckého úřadu navrhnout doplnění nebo změny annexů. Jednotlivé členské státy poté jsou povinny vydat národní předpis v souladu s annexem. Takto převzaté annexy do závazných zákonných norem jsou následně přeloženy do úředního jazyka příslušného státu. Zákonné normy vzniklé převzetím obsahu annexu mohou být zpřísněny nebo doplněny dalšími nařízeními, která vyplývají z místních poměrů.

V roce 1951 vydalo ICAO Annex 14 Aerodromes (Letiště), v českých předpisech ho najdeme jako L14. Tento annex řeší problematiku letišť pro mezinárodní provoz. Dělí se do jedenácti hlav, pěti doplňků, několika dodatků a součástí jsou také přílohy.

Pro členské státy Evropské unie byla v roce 2003 založena Evropská agentura pro bezpečnost letectví (EASA) a začala fungovat v roce 2008. Jejím hlavním úkolem je zajištění bezpečnosti a ochrany životního prostředí v oblasti civilního letectví v Evropě. Zabývá se tedy harmonizací předpisů, technických pravidel, typovými osvědčeními letadel a mnoha dalšími. V roce 2014 vydala Nařízení Komise (EU) č.139/2014, kde se stanovují požadavky

a správní postupy týkající se letišť podle nařízení Evropského parlamentu a Rady (ES) č.216/2008. Toto nařízení stanovuje podmínky pro provoz letiště. Nařízení č.216/2008 se

zabývá společnými pravidly civilního letectví a osvědčeními pro letiště, která mají vydat příslušné úřady s ohledem na bezpečnost. [1], [6], [12]

## 2.1 Hlava 1

V této úvodní části jsou všeobecné charakteristiky předpisu a jeho popis. Obsahem předpisu L14 jsou ustanovení upravující požadované fyzické vlastnosti letišť, překážkové plochy letišť, vybavení letišť a popis technických služeb, které jsou na letištích provozovány. Dále stanovuje minimální provozní parametry letišť odvíjející se podle parametrů letadel, která jsou plánována pro provoz na určitém letišti. V tomto předpisu se ovšem nenajdou parametry pro plánování velikosti sítě letišť nebo jejich kapacity, či dopad na životní prostředí nebo ekonomické a další netechnické prvky, které je ovšem zapotřebí brát v potaz při výstavbě a rozvoji. Dále předpis obsahuje další ustanovení, která se zaměřují na zvýšení úrovně ochrany letišť. Další podobná ustanovení můžeme také najít v předpisu L17: ten se zabývá bezpečností a ochranou mezinárodního civilního letectví před protiprávními činy. Také jsou zde uvedeny definice a významy některých výrazů, se kterými se může čtenář v textu annexu setkat. (Bez překážkový prostor, Dojezdová dráha, Dotyková zóna, Dráha, Dráhová dohlednost, Heliport, Hlavní dráha, NOTAM, Předpolí, Překážka, Pojezdová dráha, Přistávací plocha)

Dále se zde nachází také princip kódového značení letišť, jehož účelem je zavedení jednoduché metody charakterizující vybavení a vlastnosti daného letiště pro provoz, ke kterému jsou určena. Značení je složeno ze dvou prvků, které se vztahují k výkonovým charakteristikám a rozměrům letounu. První prvek je číslo, které vyjadřuje délku dráhy potřebnou pro vzlet letounu (viz tab. č. 2.1.), a druhý prvek je písmeno, které je odvozeno od rozpětí křídel letounu a rozchodu kol (viz tab. č. 2.2.). Tato čísla a písmena se musí shodovat s tabulkou. Letiště Leoše Janáčka Ostrava je například kategorie 4D/E.

První prvek	
Číslo	Délka dráhy vzletu letounu
1	Méně než 800 m
2	Od 800 do 1199 m
3	Od 1200 do 1799 m
4	1800 m a více

Tabulka 2.1 – První prvek značení

Druhý prvek		
Písmeno	Rozpětí křídel	Vnější rozchod kol podvozku
A	Do 14 m	Do 4,5 m
B	Od 15 m do 23 m	Od 4,5 m do 6 m
C	Od 24 m do 35 m	Od 6 m do 9 m
D	Od 36 m do 51 m	Od 9 m do 14 m
E	Od 52 m do 64 m	Od 9 m do 14 m
F	Od 65 m do 79 m	Od 14 m do 16 m

Tabulka 2.2 – Druhý prvek značení

## 2.2 Hlava 2

Tato část předpisu se zaměřuje na údaje o letištích: ty musí být v souladu s klasifikacemi přesností a integrity, které jsou požadovány ke splnění potřeb koncových uživatelů leteckých údajů. Tato data musí být zpřístupněna leteckým informačním službám.

V této části jsou následující definice:

- *Vztažný bod letiště* – musí mít každé letiště, blízko geometrického středu letiště, poloha musí být zaměřena a zveřejněna
- *Výšky letiště* – musí být změřeny a zveřejněny s přesností půl metru nebo jedné stopy
- *Rozměry letiště* – pro každé vybavení musí být změřeny a popsány údaje:
  - RWY – zeměpisný směrnik zaokrouhlený na jednu setinu stupně, označení, délka, šířka, sklon, povrch, druh přiblížení
  - TWY – označení, šířka, povrch
  - Odbavovací plocha – povrch,
  - Předpolí – profil terénu, délka
- *Únosnost vozovek* – musí být stanovena pomocí PCN – ACN klasifikačního kódu vozovky (PCN – klasifikační číslo vozovky, ACN – klasifikační číslo letounu) PCN musí být vždy větší než ACN nebo rovno ACN
  - Příklad: PCN 80 / R / B / W / T = pevná vozovka, střední únosnosti, huštění pneumatik neomezeno, hodnoceno na základě studie chování vozovek a aplikace jejího chování.
- *Vyhlášené délky* – pro RWY používané pro mezinárodní leteckou dopravu musí být stanoveny s přesností a zaokrouhleny na metry nebo stopy

- Použitelná délka rozjezdu – je trajektorie letounu po dráze do odpoutání (TORA)
- Použitelná délka vzletu – je délka průměru trajektorie do roviny RWY od bodu zahájení rozjezdu po dosažení výšky 50 ft na RWY se všemi pracujícími motory při vzletovém režimu (TODA)
- Použitelná délka přerušného vzletu – dráha, na které jsme schopni bezpečně ubrzdít letoun na nulovou rychlost (ASDA)
- Použitelná délka přistání – je délka dráhy potřebná pro přistání (LDA)
- *Stav pohybové plochy a souvisejících zařízení* – informace o provozním stavu ploch musí být poskytovány přilétávajícím a odlétávajícím letadlům a soustavně sledován.
- *Světelné sestupové soustavy pro vizuální přiblížení* – typ soustavy (např. PAPI) a strana umístění

### 2.3 Hlava 3

Tato část předpisu L14 se zaměřuje na fyzické vlastnosti letišť, definuje rozměry určitých ploch a jejich rozmístění.

- *Počet a směry RWY* – tyto vlastnosti jsou ovlivněny mnoha činiteli, hlavním činitelem je rozložení směrů větrů, musí se brát také v potaz poloha umožňující přiblížení bez překážek, ale také prolétávající prostory při nezdařených přiblíženích.
- *Umístění prahu dráhy* – práh dráhy musí být umístěn na začátku RWY, může se ovšem za určitých podmínek posunout trvale nebo dočasně.
- *Skutečná délka RWY* – tato délka musí být dostačující pro provozování letounů, pro které je určena, je nutno počítat s požadavky pro vzlet i přistání.
- *Obratiště* – buduje se tam, kde není na konci RWY dostatečná plocha pro otočení, díky němu se letoun jednodušeji otočí o 180°
- *Pojezdové dráhy* – jsou vybudovány, aby zajistily bezpečný a plynulý provoz letadel při pojíždění. Každá RWY musí mít dostatek pojezdových drah. Pokud je hustota provozu velmi vysoká, mohou se zřídit pojezdové dráhy pro rychlé odbočení. Počet a velikost změn směrů letounu na pojezdových drahách musí být co nejmenší a jejich velikosti a rychlosti musí být přizpůsobeny pro letouny, pro které jsou určeny.
- *Odbavovací plochy* – tyto plochy musí být vybudovány tam, kde bude probíhat nastupování a vystupování cestujících, nakládání a vykládání obsahu letadel,

rozměry a únosnost této plochy musí být adekvátní k plánovanému provozu letadel na tomto letišti. Minimální vzdálenosti letounu od blízkých budov jsou 3 metry.

- *Prostory pro odmrazování a protinámrazové opatření* – tento prostor musí být vybudován na letištích, kde se předpokládá výskyt námrazových jevů. Muže být u stání letadel nebo na odlehlých plochách podél pojezdových drah, které vedou na RWY pro vzlet. Musí být ovšem zajištěno zachycení a odstranění přebytečných kapalin, aby nedošlo ke kontaminaci půdy.

## 2.4 Hlava 4

Tato část předpisu uvádí ustanovení, jak je vymezen vzdušný prostor nad letištěm a jeho okolí bez překážek, které by mohly ohrozit bezpečnost provozu. Je zaveden systém překážkových ploch, který určuje maximální výšky, jaké mohou překážky v blízkosti letiště dosahovat. Pokud jsou některé překážky vyšší než maxima, mohou se upravit provozní postupy na tomto letišti. Například se může zvýšit výška rozhodnutí, což je výška, ve které se pilot musí rozhodnout, zda přistane nebo ne. Pokud se rozhodne nepřistát, provede nezdařené přiblížení.

## 2.5 Hlava 5

Tato část předpisu L14 se zabývá vizuálními navigačními prostředky, které musí splňovat předepsané vlastnosti.

- *Ukazatele a návěsti*
  - Ukazatel směru větru – musí jím být vybaveno každé letiště a musí být viděn z letících letadel nebo z pojezdových drah. Musí být vyroben z látky ve tvaru kužele o minimální délce 3,6 m, minimální průměr na začátku musí být 0,9 m a na konci 0,3 m. Musí být použita kombinace oranžové a bílé barvy.
  - Návěstní světlometka – musí jí být vybavena řídicí věž letiště s řízeným provozem. Musí být schopna vydávat červené, zelené a bílé světlo.
- *Barvy značení provozních ploch*
  - Všechna značení RWY musí být bílá, pokud je malý kontrast, může se doplnit černým lemem. Osové značení se skládá ze střídajících pruhů, délka jednoho pruhu je 30 metrů a vzdálenosti mezi pruhy jsou 20 metrů. Velikost označení RWY je na výšku 9 metrů a musí být zřízeno na prahu dráhy, musí se skládat z dvoustupňového označení vyjadřující magnetický

směr a v případě paralelních drah musí být doplněno písmenem. Prahové značení musí být vyznačeno na zpevněných drahách a sestává se z pruhů stejných rozměrů, počet pruhů odpovídá šířce dráhy, viz tabulka 2.3.

Šířka RWY	Počet pruhů
18 m	4
23 m	6
30 m	8
45 m	12
60 m	16

Tabulka 2.3 – Šířky RWY a počet pruhů

- Osové značení pojezdových drah a stání letadel musí být znázorněno na zpevněných plochách žluté barvy. Na křižovatkách musí být osové značení napojeno obloukem.
- Odbavovací plochy musí být značeny nápadnou barvou, přednostně červenou.
- *Značení dotykové zóny* – je znázorněno v dotykové zóně zpevněných drah, skládá se z dvojice obdélníků souměrných k ose dráhy a jejich počet je závislý na délce použitelné dráhy pro přistání. Dvojici plných obdélníků je znázorněn zaměřovací bod.
- *Značení vyčkávacího místa RWY* – musí být na vyčkávacím místě RWY. Rozděluje se na značení přístrojové a přesné. Jeho umístění se realizuje tak, aby nedošlo k narušení RWY. U tohoto značení musí být výstražné značení RWY AHEAD ve směru na RWY, viz obrázek 2.1.





**Obrázek 2.1 - Značení vyčkávacího místa RWY na LKMT**

- *Návěstidla a světla* – nadzemní světelná návěstidla musí být dostatečně křehké konstrukce a malé výšky, aby nedošlo ke kontaktu s vrtulí nebo vnějším krytem proudových motorů. Zapuštěná návěstidla musí být konstruována tak, aby vydržela přejíždění koly letadel, aniž by došlo k poškození. Teplota na styčných plochách s pneumatikami letadel a těchto světel nesmí překročit 160 °C. Svítivost musí vyhovovat minimální dohlednosti, za které má být letiště používáno. Ovládání světelných návěstidel musí být zřízeno samostatně pro tyto soustavy: přibližovací světelná soustava, postranní dráhová návěstidla, prahová návěstidla, koncová návěstidla RWY, osová návěstidla RWY, osová návěstidla pojezdových drah.
  - Jednoduchá přibližovací světelná soustava – skládá se z řady návěstidel prodloužené osy RWY a má délku nejméně 420 metrů před prahem RWY, dále ji tvoří příčka o délce 18 metrů, která je 150 metrů před prahem dráhy a příčka o délce 30 metrů, která je 300 metrů před prahem dráhy. Příčky musí být ve vodorovné přímce kolmé k přímce osových návěstidel RWY a musí být touto osou půleny. Návěstidla tvořící osu musí být ve vzdálenosti 60 nebo 30 metrů od sebe a první návěstidlo musí být ve vzdálenosti 30 nebo 60 metrů od prahu dráhy. Tato návěstidla musí vydávat stálé světlo snadno rozpoznatelné barvy.
  - Světelná soustava pro přesné přiblížení – musí splňovat podobné požadavky jako jednoduchá světelná soustava. Musí být do vzdálenosti 900 metrů před

prahem RWY, musí být doplněna dvěma postranními řadami do vzdálenosti 270 metrů před prahem RWY a dvěma příčkami ve vzdálenosti 150 metrů a 300 metrů od prahu RWY. Osová návěstidla musí být ve vzdálenosti 30 metrů od sebe a první 30 metrů od prahu RWY. Postranní světelné řady jsou na obou stranách osového značení ve stejných vzdálenostech a příčná vzdálenost mezi vnitřními návěstidly těchto řad nesmí být menší než 18 metrů a větší než 22,5 metrů. Příčka, vzdálená 150 metrů od prahu, musí vyplnit prostor mezi osovou a postranní řadou. Příčka, která je vzdálená 300 metrů od prahu, musí sahát 15 metrů na každou stranu od osy. Osa v prvních 300 metrech se musí skládat z příček o délce 4 metry, v tomto případě musí být každá příčka vybavena zábleskovým světlem. Směr záblesků je od nevzdálenější příčky k nejbližší příčce prahu RWY a každé zábleskové světlo musí vydávat záblesk dvakrát za sekundu. Postranní řady vydávají červené světlo a osová návěstidla vydávají bílé světlo.

- *Světelné sestupové soustavy pro vizuální přiblížení* – tato soustava musí být zřízena jako pomůcka pro přiblížení na RWY. Pokud je využívána proudovými letouny, piloti mohou mít potíže při rozhodnutí a je nebezpečné dosednutí před prahem RWY.

Touto soustavou je nejčastěji využívaný systém PAPI, který dává pilotovi vizuální informace o jeho poloze na sestupové rovině. Skládá se ze čtyř více žárovkových, rovnoměrně umístěných návěstidel, a je umístěn na levé straně RWY. Vydává bílé a červené světlo, pokud je pilot přesně na sestupové rovině, ukazuje systém dvě červená a dvě bílá světla. Existují také další systémy jako T-VASIS, AT-VASIS, APAPI.

- *Postranní dráhová návěstidla* – tato návěstidla musí být zřízena na RWY, která je určena k použití i v noci nebo pro vzlet, kde je minimální dráhová dohlednost 800 metrů ve dne. Tyto návěstidla musí být zřízena po celé délce RWY ve dvou řadách stejně daleko vzdálených od osy RWY. Rozestupy jednotlivých světel jsou nejvýše 60 metrů u přístrojové RWY a nejvýše 100 metrů u nepřístrojové RWY. Tato návěstidla musí vydávat světlo o bílé barvě, před koncem RWY mohou návěstidla vydávat žluté světlo.
- *Prahová návěstidla RWY* – musí být zřízena na všech RWY, kde jsou zřízena postranní dráhová návěstidla. Jsou to příčky kolmé na osu RWY. Prahová vnější návěstidla musí vydávat stálé zelené světlo do směru přiblížení. Koncová

prahová návěstidla splňují stejné požadavky zřízení, avšak jsou vnitřní, a musí vydávat stálé červené světlo ve směru RWY.

- *Osová návěstidla* – tato návěstidla musí být na všech RWY pro přesné přiblížení druhé a třetí kategorie, a pokud je RWY určena pro vzlet při dráhové dohlednosti menší než 400 metrů. Osová návěstidla musí být umístěna v ose RWY a musí být od prahu na konec RWY ve vzdálenostech 15 metrů. Tato návěstidla musí vyzařovat stálé bílé světlo od prahu až do 900 metrů před koncem RWY, od 900 metrů do 300 metrů před koncem dráhy vydávají střídavě červené a bílé světlo a od 300 metrů před koncem RWY pouze červené světlo.
- *Návěstidla dotykové zóny RWY* – tato návěstidla musí být zřízena v dotykové zóně RWY pro přesné přiblížení druhé a třetí kategorie. Návěstidla jsou od prahu RWY do vzdálenosti 900 metrů od prahu RWY. Skládá se z krátkých příček umístěných symetricky podél osy RWY. Musí vyzařovat stálé světlo bílé barvy.
- *Osová návěstidla pojezdové dráhy* – tato návěstidla nemusí být zřízena, pokud je hustota provozu nízká a postranní návěstidla pojezdové dráhy poskytují přiměřené vedení. Je ale žádoucí, aby byla zřízena tam, kde je provoz v noci a dráhové dohlednosti 300 metrů, na složitých křižovatkách a výjezdech z RWY. Musí vyzařovat stálé zelené světlo a vzdálenosti mezi nimi musí být nejvýše 30 metrů.
- *Stop příčky* – tyto příčky musí být vybudovány na všech vyčkávacích místech RWY, musí být umístěny kolmo k ose pojezdové dráhy v místě, kde je žádoucí zastavení. Vyzařují stálé červené světlo ve směru příjezdu k RWY. Bývají ještě také doplněny párovými nadzemními návěstidly na každém konci příčky, z důvodů bezpečnosti, pokud by měl pilot zakrytou zastavěnou příčku ve vozovce, například sněhem. [3]

Tento předpis obsahuje ještě několik hlav, ty ovšem nejsou pro tuto práci tak důležité, jako těchto předešlých pět, proto byly vynechány.

### 3. Přesné a přístrojové přiblížení

V civilním letectví se rozeznávají dva základní druhy provedení letu: a to let podle pravidel za viditelnosti (VFR) a let podle přístrojů (IFR). VFR let je takový, kdy pilot vede letadlo pomocí srovnávací navigace, pomocí mapy porovnává zvolenou trať s terénem v okolí letadla a určuje polohu podle významných objektů v krajině, jako jsou například vesnice, železnice, řeky. Pilot si musí zajišťovat rozestup od překážek a ostatního letového provozu podle předpisu L2. IFR let je takový, kdy pilot vede letadlo pomocí informací získaných z palubních přístrojů, tudíž je možné tento typ letu provádět v oblačnosti, v noci nebo při snížené viditelnosti. V mé práci se budu zabývat pouze přiblížením podle přístrojů.

#### 3.1 Přiblížení

Přiblížení podle přístrojů je poslední fází letu za pravidel IFR. Letadlo je tedy vedeno po publikované trajektorii pro dané letiště s cílem přistát. Začíná příletovou trati. První úsek přiblížení je tzv. počáteční přiblížení, poté následuje úsek středního přiblížení a pokračuje konečným přiblížením. Pokud jsou podmínky pro přistání nevyhovující, následuje fáze nezdařeného přiblížení. Každý úsek je oddělen tzv. fixem. Jsou to body, které jsou přesně definovány a začínají nebo končí v nich určité úseky přiblížení. Přiblížení IFR je rozděleno na úseky, jelikož se mění charakteristiky přibližujícího se letadla, vysouvá se podvozek a vztakové klapky. Mění se rozestupy od překážek, neboť ty jsou v každém úseku přiblížení různé.

Přiblížení podle přístrojů lze rozdělit na tyto základní typy:

- přesné přiblížení
- přiblížení s vertikálním vedením
- nepřesné přístrojové přiblížení
- přiblížení okruhem – což je postup za fází přiblížení podle přístrojů a je určený k přivedení letadla na jinou dráhu, než původně plánovalo, nebo se také používá pro přiblížení na dráhy, které nejsou vybaveny přibližovacími přístroji, musí být ovšem provedeno za stálého kontaktu se zemí.
- vizuální přiblížení – je za pravidel IFR, ale pilot vede letoun pomocí srovnávací navigace, trajektorie takového přiblížení je co nejkratší, díky tomu může ušetřit palivo a čas. [4]

## 3.2 Přesné přiblížení

Přesné přiblížení je charakteristické tím, že při provedení konečného přiblížení jsou pilotovi poskytovány informace o směrovém vedení letadla a vertikální poloze. Pilot je schopen vždy vyhodnotit, zda je vychýlen do strany od trati nebo pod či nad sestupovou rovinou. Díky tomu je možné provést okamžité korekce, řídit letadlo přesně na sestupové rovině a v ose dráhy.

Zařízení, která jsou schopna takové informace předávat díky elektronické sestupové rovině a směrovému vedení, jsou ILS (Instrument Landing System), MSL (Microwave Landing System) a PAR (Precision Approach Radar). V mé práci se budu převážně zabývat přesným přiblížením ILS, kterým je také vybaveno Letiště Leoše Janáčka Ostrava. Systém přiblížení MSL okrajově zmíním, vynechám systém přiblížení PAR, které se převážně používá pro vojenské účely.

### 3.2.1 ILS

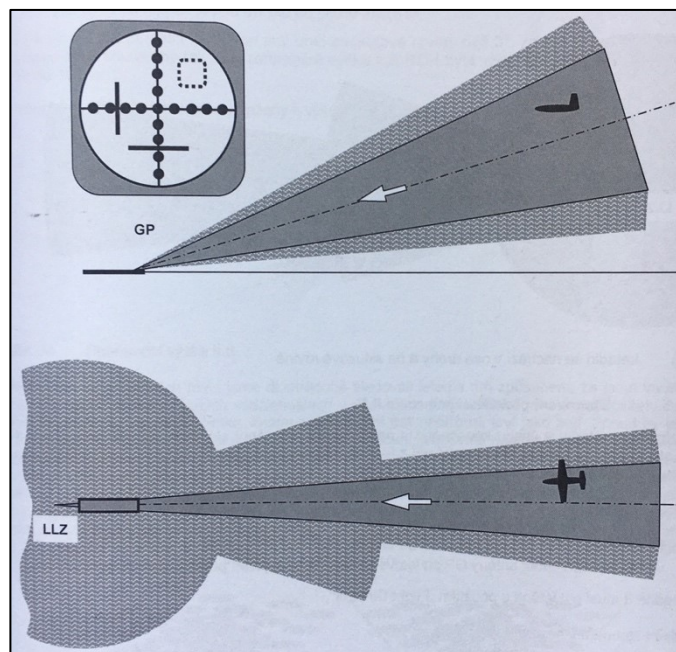
Toto zařízení bylo vynalezeno koncem 30. let 20. století. V civilním letectví se začíná objevovat od roku 1947. Používá VHF frekvence a směrové antény. Skládá se ze dvou radiomajáků a tří polohových návěstidel. Základním principem ILS je horizontální a vertikální navádění při přiblížení (viz. obrázek 3.2). Je to v dnešní době nejpoužívanější zařízení pro navádění letadel při přiblížení a je jím vybavena většina velkých mezinárodních letišť. Každé zařízení musí splňovat standardy ICAO a doporučené postupy, aby bylo zaručeno, že každé letadlo vybaveno tímto systémem, může provést bezpečné přistání na jakémkoli letišti vybaveném tímto systémem. Je to povelové přibližovací zařízení, tudíž výchylka na indikátoru na palubě říká pilotovi povel, kterým směrem má provést korekci trajektorie letu (viz. obrázek 3.3) Dává pilotovi průběžné informace o směrovém vedení letadla a také o jeho vertikální poloze, tudíž pilot v každé situaci během přiblížení ví o své poloze vůči oběma rovinám.

- *Kurzový radiomaják* – toto zařízení zajišťuje vertikální elektronickou rovinu nad osou RWY, která je kolmá k rovině RWY. V angličtině se toto zařízení jmenuje Localizer. Vyzařuje elektromagnetické vlny, které tvoří tuto rovinu. Bývá umístěn okolo 300 metrů za koncem RWY v její prodloužené ose. Zajišťuje směrové vedení letadla na přibližovací trati. Signál této roviny je zpracováván a přiváděn do palubního přístroje ILS a ten se ukazuje na svislém břevnu. Nachází-li se anténa palubního přístroje ILS přesně v této svislé rovině, pak přístroj ukáže nulovou výchylku. Vyzařovaný signál tohoto zařízení vytváří složený vyzařovací diagram, který obsahuje amplitudově modulované navigační

tóny 90 Hz a 150 Hz a ty představují kurzový sektor. V sektoru převažuje hloubka modulace jednoho tónu na jedné straně a druhého tónu na druhé straně od vertikální roviny, přičemž na vertikální rovině je hloubka modulace obou tónů stejná. Při pohledu z kabiny letadla je vpravo hloubka modulace navigačního tónu 150 Hz a vlevo hloubka modulace navigačního tónu 90 Hz. [4], [5]

- *Sestupový radiomaják* – toto zařízení zajišťuje sestupovou rovinu. V angličtině se pro něj používá pojem Glide Path. Vyzařuje elektromagnetické vlny, které tvoří tuto rovinu, která je kolmá na rovinu Localizeru. Bývá umístěn na úrovni bodu dotyku, alespoň 120 metrů vlevo nebo vpravo od osy RWY. Umožňuje letadlu plynulé klesání při přiblížení a udává pilotovi informace o jeho vertikální poloze od sestupové roviny. Jeho rovina je k rovině RWY nakloněná o standardní úhel  $3^\circ$ , ve výjimečných případech mohou být použity úhly od  $2,5^\circ$  do  $4^\circ$  a rovinu RWY protíná. Nachází-li se anténa palubního přístroje ILS přesně v této nakloněné rovině, přístroj ukáže nulovou výchylku, viz obrázek 3.1. Signál této roviny je zpracováván a přiváděn do palubního přístroje ILS a ten se ukazuje na vodorovném břevnu. Vyzařovaný signál anténním systémem sestupového majáku vytváří složený diagram, který obsahuje amplitudově modulované tóny 90 Hz a 150 Hz. Hloubka modulace tónu 150 Hz je pod sestupovou rovinou a hloubka modulace tónu 90 Hz je nad sestupovou rovinou. [4], [5]

Průsečnicí vertikální a sestupové roviny je přímka, po které je žádoucí, aby se letadlo pohybovalo na přiblížení, viz obrázek 3.2. Tato přímka vychází z bodu dotyku v ose dráhy. Ukazatelé palubního přístroje ILS se v této poloze kříží ve středu, v případě vychýlení antén palubních přijímačů sestupové a kurzové roviny z předepsané trajektorie se přijímaná hodnota změny ukazatel se vychýlí v odpovídajícím směru, doprava, doleva nebo nahoru a dolů. Pokud je letoun nad skluzovou rovinou a vpravo od osy dráhy, ukazatel na přístroji ukáže jako na obrázku 3.1.



**Obrázek 3.1 – Ukazatel ILS**

*Zdroj: [5]*

- *Polohová návěstidla* – tato zařízení se v anglickém jazyce nazývají Markery. Jsou umístěna v prodloužené ose dráhy před prahem v úseku konečného přiblížení. Jejich funkce je taková, že vyzařují směrem vzhůru amplitudově modulovaný kmitočet, který po zachycení na palubě udává vzdálenost od prahu dráhy. Výškový dosah těchto zařízení je daleko větší než výšky pro přiblížení, tudíž se mohou použít také jako signalizace bodu na trati.

Pokud se antény na letounu tohoto zařízení vyskytují mimo krytí radiomajáků, objeví se na přístroji červený praporek, který signalizuje nedostatečné pokrytí signálu.

Organizace ICAO zavedla rozdělení přiblížení ILS podle limitů (viz tabulka 3.1). Ty jsou stanoveny na základě minimální výšky rozhodnutí, všeobecné dohlednosti nebo dráhové dohlednosti. Pokud je možné na letišti měřit dráhovou dohlednost, tak má přednost před všeobecnou dohledností. Výška rozhodnutí uvádí, v jaké nejmenší výšce se musí pilot rozhodnout, zda provede přistání nebo nezdařené přiblížení. Dráhová dohlednost se měří na třech místech. Jedná se o tato místa:

- v bodě dotyku
- uprostřed dráhy
- na konci dráhy. [4], [5]

Kategorie ILS	Výška rozhodnutí	Dráhová dohlednost
CAT I	> 200 ft / 60 m	Min. 550 m
CAT II	100–200 ft / 30–60 m	Min. 300 m
CAT III A	<100 ft / 30 m	Min. 200 m
CAT III B	<50 ft / 15 m	Min 75 m
CAT III C	Bez limitu	Žádná

Tabulka 3.1 – kategorie ILS

Podle tabulky 3.1 vidíme minima pro rozhodnutí. To znamená, že pilot při CAT I musí vidět ve výšce 200 ft následující:

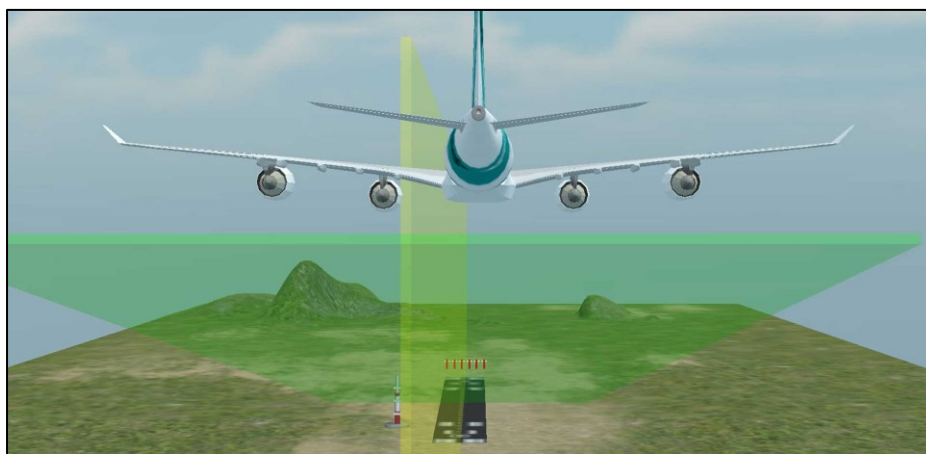
- návěstidla světelné přibližovací soustavy
- prahové značky
- práh dráhy
- prahové světelné příčky
- PAPI
- návěstidla dotykové zóny

Tudíž při tomto přiblížení může pilot přistát na dráhu tehdy, pokud má nejpozději ve výšce rozhodnutí jednoznačný vizuální kontakt.

Pro postupy za nízké dohlednosti jsou CAT II a CAT III. Pro tyto postupy musí být zajištěna různá opatření, především: technické vybavení letiště, palubní vybavení letadla, způsobilost posádky. Cílem je zajistit bezpečné vzlety a přistání za špatných meteorologických podmínek.

Přiblížení pomocí CAT III C je dle legislativy možné, ovšem pokud za takových podmínek letadlo přistane, nebude se moct pohybovat na provozních plochách anebo jeho pohyb bude velmi nebezpečný, proto se tato kategorie na mezinárodních letištích nevyskytuje.

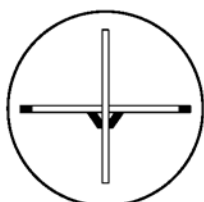




**Obrázek 3.2 – Znázornění paprsků Localizeru a sestupové roviny**

*Zdroj: [9]*

#### Povelové příkazy



Správná sestupová i směrová rovina



V pozici nad sestupovou rovinou. Příkaz klesej.



V pozici pod sestupovou rovinou. Příkaz stoupej.



V pozici pod sestupovou rovinou a vpravo od směrové roviny. Příkaz toč doleva a stoupej.



Nad sestupovou rovinou a vlevo od směrové roviny. Příkaz toč doprava a klesej.

**Obrázek 3.3 – Povelové příkazy ILS**

*Zdroj: [10]*

### **3.2.2 MLS**

Toto zařízení MSL (Microwave Landing System) bylo od počátku vyvíjeno jako náhrada za ILS, cílem bylo odstranit nevýhody ILS a snížit náročnost systému. Zařízení používá vyšší kmitočty než ILS, tudíž se součástky zařízení zjednodušily a použití může být

i v kopcovitých terénech. MSL umožňuje také přesné přiblížení v prostoru, kde trať konečného přiblížení nemusí být stejná jako prodloužená osa dráhy.

Systém vysílá mikrovlnné paprsky do prostoru v azimutální a vertikální rovině, tudíž letadlo během přiblížení přijímá signál těchto paprsků a vyhodnotí tak svou přesnou polohu v prostoru. Poloha je tedy určena jak ve směru přiblížení, tak ve vertikální rovině v každém bodě v dosahu signálů. Funkční princip je hodně podobný jako u ILS, největším rozdílem je, že signál není rušen předměty v trajektorii, tudíž jsou letadla schopna přijímat přesný signál, i když je před nimi další letadlo. To je způsobeno tím, že mikrovlnná energie je vyzařována do prostoru v určitém čase a není rozptýlena do mnoha směrů, tudíž nevzniká rušení signálu různými překážkami nebo terénem. Umožňuje také přiblížení pod různými úhly pro každé letadlo zvlášť.

Ovšem tento systém není dnes moc používaný, neboť již existují jednodušší zařízení, která nepotřebují tak složité pozemní zařízení, jako je například navigace pomocí GNSS. Z důvodu udržování pozemních zařízení je velká finanční náročnost pro provoz tohoto zařízení. [4], [5]

### **3.3 Nepřesné přístrojové přiblížení**

Za nepřesné přístrojové přiblížení se považuje takové, během kterého jsou poskytnuty pilotovi pouze průběžné informace o směrovém vedení letadla, ale nejsou poskytovány informace o vertikální poloze. Takže pilot může vyhodnotit svou polohu vůči trati přiblížení pouze tak, že ví, zda je vlevo či vpravo od osy a může provádět opravy.

Na vyhodnocení vertikální polohy má k dispozici fixy nebo jiné body během přiblížení, ve kterých během jejich přeletu kontroluje výšku, která je v těchto bodech publikována. Čím více takovýchto bodů má pilot k dispozici, tím častěji může kontrolovat výšku a zpřesnit své přiblížení tím, že se co nejbližší přiblíží ideální sestupové rovině. Takovéto body jsou radionavigační zařízení a sestupová rovina se vyjadřuje v procentech. Pilot musí znát tedy přesné polohy bodů MAPt, FAF a FIXy a jejich minimální výšky.

Do této kategorie řadíme přiblížení ILS bez elektronické sestupové roviny, přiblížení VOR/DME, přiblížení NDB a přiblížení SRA.

### **3.3.1 ILS bez elektronické sestupové roviny**

Pokud je u zařízení ILS elektronická sestupová rovina mimo provoz, mění se ILS z přesného na nepřesné přístrojové přiblížení. Můžou se také objevit letiště, kde nebyl instalován maják sestupové roviny vůbec, tudíž se od začátku jedná o nepřesné přiblížení, na které jsou vypracovány postupy. V případě tohoto přiblížení chybí pilotovi informace o výškové poloze. Ty jsou nahrazeny informacemi získanými z tabulek, výpočtem, anebo pomocí fixů, které jsou publikovány v mapách tohoto přiblížení.

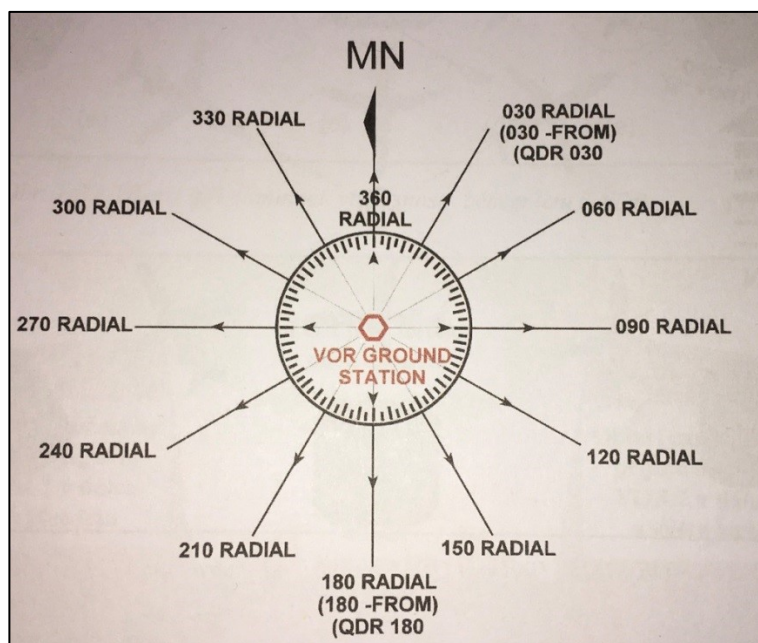
Toto zařízení pracuje stejně, tudíž je povelové, a výchylka ručičky od středu indikátoru dává pilotovi povel, kterým směrem má provést opravu. Pilot se tedy snaží udržovat ukazatel ve středu. Výšku koriguje pomocí radionavigačních bodů a danými výškami, které jsou v bodech dány. Takto vede letadlo až do bodu MAPt, kde se podle vizuálního kontaktu rozhodne, zda přistane nebo ne. [4], [7]

### **3.3.2 Přiblížení VOR/DME**

Systém přiblížení VOR/DME je řazen do kategorie nepřesných přiblížení, protože neposkytuje pilotovi informaci o výškové poloze letadla během přiblížení. Není totiž k dispozici elektronická sestupová rovina. Pilot vyhodnocuje svou polohu a provádí opravy pouze při směrovém vedení letadla. Výšku koriguje pilot pomocí výšek zveřejněných v mapách daného přiblížení, ty jsou vztaženy k určitým fixům.

Tato metoda přiblížení se skládá ze dvou zařízení VOR a DME. Zařízení VOR (Very high frequency Omnidirectional radio Range) je radionavigační maják, který vysílá všemi směry, jeho nosný kmitočet je modulován dvěma samostatnými signály 30 Hz referenčním

a proměnným. Signál referenční je nezávislý na poloze letadla. Proměnný signál má fázový posuv podle polohy letadla vůči magnetickému severu vzhledem k majáku. Fázový rozdíl obou signálů je měřen přístroji na palubě v okruhu 360°, to lze také vyjádřit 360 paprsky, kterým se říká radiály. Každému radiálu je vždy přiřazena číselná hodnota, která reprezentuje směr od zařízení VOR, viz obrázek 3.2. Radiál uvádí úhlovou odchylku letadla od magnetického severu, proto jsou tyto hodnoty radiálu vždy magnetické. Pokud letí letadlo směrem k zařízení radiálem 90, ve skutečnosti letí magnetickou tratí 180°. Pokud letí od zařízení radiálem 90, ve skutečnosti letí také magnetickou tratí 90°.

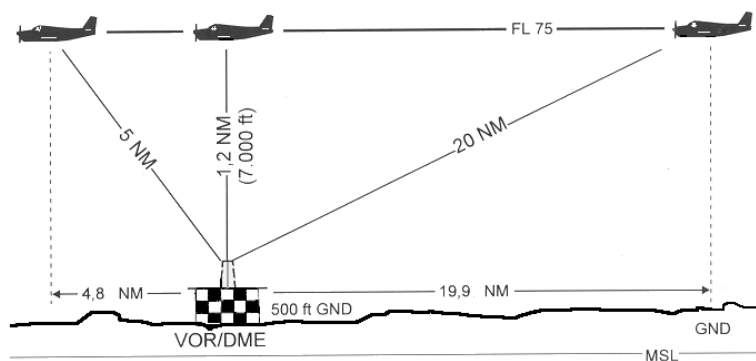


**Obrázek 3.4 – Radiály zařízení VOR**

*Zdroj:[5]*

Při použití VOR pro přiblížení je zařízení situováno na letišti v blízkosti dráhového systému. Ve většině případů je umístěn mimo osu dráhy, na kterou se provádí přiblížení. Za těchto podmínek svírá trať přiblížení s osou dráhy úhel. Zařízení může být ovšem také instalováno v ose tratě přiblížení a tehdy je osa a trať stejná. Přiblížení se může provádět jak od zařízení, tak také k zařízení. Pokud se prování k zařízení, zvětšuje se přesnost vedení a mohou se snižovat minima výšek.

Druhým zařízením je DME (Distance – Measuring Equipment). Tento systém bývá součástí majáků VOR. Měří aktuální šikmou vzdálenost a umožňuje díky ní znát i horizontální vzdálenost od majáku (viz. obrázek 3.3). Je to tedy dálkoměr. Pracuje na bázi sekundárního radaru. Skládá se z dotazovače, který vysílá z letadla dotaz k zařízení, které se nazývá přijímač, ten odpovídá. Tímto se indikuje naměřená vzdálenost letadlo – pozemní odpovídač.



**Obrázek 3.5 – Měření vzdálenosti DME**

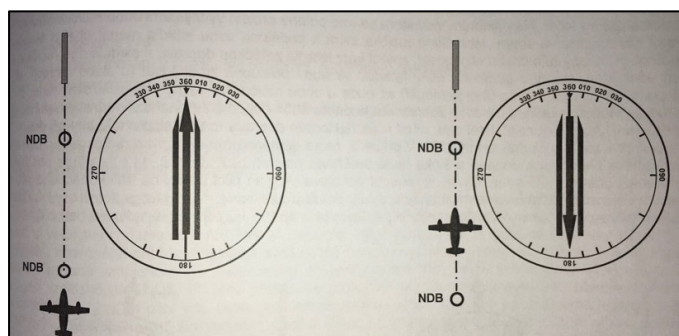
*Zdroj: [11]*

Systém VOR/DME umožňuje pilotovi informace o směru a vzdálenosti k pozemnímu majáku. Díky tomu lze určit polohu letadla. [4], [7], [5]

### **3.3.3 NDB (Non Directional Beacon)**

Toto zařízení je také zařazeno do kategorie nepřesných přístrojových zařízení, protože neposkytuje pilotovi stálou informaci o výšce letadla během přiblížení. Lze vyhodnocovat polohu a provádět opravy pouze při směrovém vedení letadla. Výšky musí pilot kontrolovat pomocí zveřejněných bodů a dodržovat je. NDB (Non Directional Beacon) je polohový radiomaják, který vysílá všemi směry rovnoměrně. Pro přiblížení je jeho výkon snížen, dosahuje tedy do vzdálenosti okolo 15 NM a bývá umístěn v prodloužené ose RWY. Často se využívá dvojice zařízení umístěných za sebou po trati přiblížení.

Hlavním palubním přístrojem je radiokompas, který je vybaven dvěma ručičkami, silnou a slabou. Ke každé je veden signál jednoho radiomajáku, tudíž každá směřuje k jednomu pozemnímu zařízení, viz obrázek 3.4. Tento typ přiblížení je složitý a dosti nepřesný, proto se využívá minimálně. [4], [5]



**Obrázek 3.6 – Ukazatel NDB**

*Zdroj:[5].*

### **3.3.4 SRA (Surveillance Radar Approach)**

Přehledový radar SRA (Surveillance Radar Approach) se může použít pro přiblížení, kdy řídicí letového provozu poskytuje informace o směrovém vedení letadla pilotovi, ale neposkytuje mu informace o vertikální poloze. Polohu tedy vyhodnocuje řídicí letového provozu a pilot se řídí jeho instrukcemi. Tento způsob je považován za nejméně přesné přiblížení. [4]

### **3.3 Přiblížení okruhem**

Tento druh přiblížení je samostatný postup přiblížení podle přístrojů, umožňuje převést letadlo na jinou dráhu, než na kterou provádělo přiblížení. Pilot vede letadlo ve stanoveném prostoru letiště pomocí srovnávací navigace na jinou dráhu. Aby byl schopen tento postup provést, musí mít stálý vizuální kontakt se zemí. Pokud vizuální kontakt se zemí není možný, provádí se jiné postupy, například navádění letadla řídicím letového provozu pomocí vektorování. Poloha letadla je vyhodnocována pohledem z kabiny a korekce směru se provádí pomocí vizuálních informací. Důvodem pro provedení tohoto typu přiblížení může být silná složka zadního větru pro směr původní přiblížení, překážka na dráze, nebo doporučení řídicího letového provozu. Principem tohoto přiblížení je, že se letadlo pomocí přesného nebo nepřesného přístrojového vedení dostane pod spodní hranici oblačnosti a pilot získá vizuální kontakt. Pokud nemůže přistát na zamýšlené dráze, může provést tento postup a přistát na jiné dráze, která nemusí být vybavena přibližovacím zařízením.

### **3.4 Přiblížení za viditelnosti země**

Vizuální přiblížení je závěrečná část letu podle přístrojů, která je provedena za stálého kontaktu se zemí. Pilot může požádat kdykoliv během přiblížení o dokončení letu za viditelnosti země. Takže se odpoutá od radionavigačních informací a směrové vedení zajišťuje pomocí výhledu z kabiny. Po obdržení povolení je trajektorie letu co nejkratší. Pilot musí dodržovat rozestupy od překážek, jedná se stále o let IFR. O rozestupy ostatního provozu se stará řídicí letového provozu. Tento postup může být povolen pouze v prostorech TMA a CTR. Tento postup se především využívá ke snížení času a spotřebovaného paliva.

### **3.5 RNAV**

RNAV je prostorová navigace pomocí satelitů, které dávají letadlu schopnost se orientovat v prostoru po předem zvolené trati. Tento systém je možno použít ve všech

fázích letu, odletová trať, traťový let, příletová trať a postupy samotného přístrojového přiblížení. Poloha letadla je vyhodnocována v prostoru palubními nezávislými inerciálními zařízeními

a satelitními senzory. Informace mohou být ještě zpřesněny pozemními radionavigačními zařízeními. Navigační schopnosti tohoto systému jsou označovány jako RNP (Required Navigation Performance). Za tímto značením je vždy číslo, které udává schopnost letadla, s jakou přesností dokáže navigovat. Například RNP 1 se používá pro letištní oblasti a chyba přesnosti nemůže být větší než 1,85 km. Pro přiblížení RNP je hlavní navigační senzor GNSS (Global Navigation Satellite System), což je globální satelitní systém, který obsahuje americký systém GPS, ruský satelitní systém GLONASS, evropský systém GALILEO a další. Důležité pro přiblížení RNP je dostupnost kvalitní polohové informace. Systém vypočítává polohu v prostoru pomocí přijímaných signálů z několika satelitů. Přijímač musí určit přesnost své polohy, tudíž musí mít v dohledu více satelitů, než je minimálně nutné pro výpočet polohy v prostoru. Tedy minimálně čtyři satelity. Systém ovšem vypočítává polohu z více kombinací satelitů, aby se eliminovala možnost chyby. Pokud by systém nebyl schopen zajistit přesnost, musí vydat varování o nadměrné chybě výpočtu. Pro přiblížení se používá LNAV, což je horizontální navigace a VNAV, což je vertikální navigace, která pracuje pomocí výškoměru. Trajektorie přiblížení je tedy předem definována několika body v úseku přiblížení, rychlostmi a výškami. Tyto informace jsou uloženy v databázi na palubě letadla. Tento druh přiblížení přináší mnoho výhod. V civilním letectví umožňuje vznik nových přiblížení pro dráhy, na kterých bylo dříve pouze vizuální přiblížení. Zavedení probíhá bez větších nákladů a nutnosti vybudování pozemního radionavigačního zařízení. Hlavní výhodou je, že tento způsob přiblížení je mnohokrát bezpečnější než vizuální přiblížení a náklady na udržování tohoto systému nejsou tak velké jako při pozemních zařízeních. Lze také zavést na letištích, kde by přiblížení pomocí pozemních radionavigačních zařízení nebyla možná, například v hornatých terénech. [7]

## 4. Navigační prostředky Letiště Leoše Janáčka Ostrava

V této kapitole budou shrnuty navigační prostředky pro přiblížení používané na Letišti Leoše Janáčka Ostrava. Tato data budou převážně z publikací Jeppesen a AIP. Také zde budou zahrnuty všeobecné informace o tomto letišti.

Mezinárodní letiště se nachází nedaleko Ostravy, na územích obcí Mošnov, Albrechtický a Petřvald. Je třetím největším mezinárodním letišťem v České republice. Majitelem je Moravskoslezský kraj a provozovatelem je společnost Letiště Ostrava, a.s. ICAO kód letiště je LKMT a IATA kód letiště je OSR. Letiště je vybaveno betonovou dráhou o délce 3511 metrů, šířce 63 metrů, po obou stranách dráhy jsou zřízeny zpevněné 7 metrové postranní pásy. Navazující plochy jsou nezpevněné s travnatým povrchem. Směry a označení drah jsou 22 a 04. Jsou zde prováděny lety IFR a VFR. Šířky pojezdových drah včetně zpevněných postranních pásů činí 32 m. Navazující plochy jsou nezpevněné s travnatým povrchem.

### 4.1 Návěstidla

Pro vedení a řízení pohybu na provozních plochách jsou zřízena značení a světelná návěstidla. Značení na RWY je poznávací, to znamená číselné označení RWY, osově, prahové, zaměřovacího bodu, dotykového pásma a postranní dráhové. Světelná návěstidla pro RWY jsou následující: postranní dráhová, prahová, osová, koncová a pro RWY 22 jsou zřízena návěstidla dotykové zóny. Značení pro pojezdové dráhy jsou: osově, postranní, značení vyčkávacích míst a na křížení drah. Světelná návěstidla pro pojezdové dráhy jsou: osová, vyčkávacích míst, stop příček a ochranná. Na pojezdových drahách A, B, C, D, E jsou stop příčky v kombinaci s dvojicí nadzemních návěstidel.

Vyhlášené délky pro toto letiště jsou v tabulce 4.1.

RWY	TORA (m)	TODA (m)	ASDA (m)	LDA (m)
04	3511	3811	3511	3511
22	3511	3811	3511	3511

Tabulka 4.1 – Vyhlášené délky



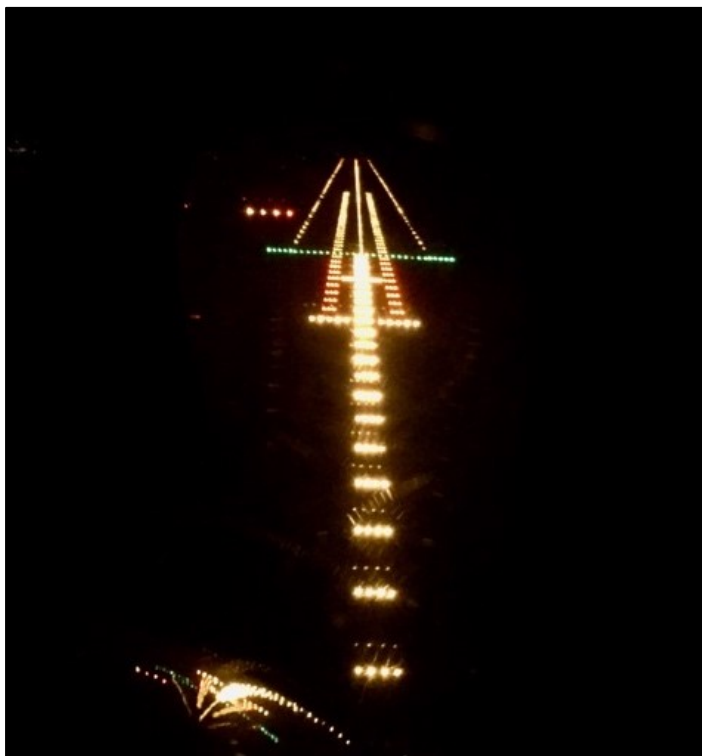
Pokud je umožněn vzlet z křižovatky, použitelné délky jsou v tabulce 4.2.

RWY	Od	TORA (m)	TODA (m)	ASDA (m)
04	TWY D	2827	3127	2827
	TWY C	1767	2067	1767
	TWY B	707	1007	707
22	TWY B	2827	3127	2827
	TWY C	1767	2067	1767
	TWY D	707	1007	707

Tabulka 4.2 – Použitelné délky při vzletu z křižovatky

#### 4.1.1 Přibližovací a dráhová světelná soustava

V první řadě bude popsána RWY 22, která je na Letišti Leoše Janáčka Ostrava považována jako hlavní. Tato dráha je vybavena ILS a může být použita za velmi nízké dohlednosti (LVP). Přibližovací světelná soustava má délku 900 metrů a je zřízena pro provoz ILS CAT III B. Je vybavena světelnou zábleskovou soustavou, která vydává záblesky dvakrát za sekundu. Dále dvěma příčkami, ve vzdálenosti 150 a 300 metrů od prahu, prodlouženou osou dráhy, která je bílé barvy, zobrazenou dotykovou zónou, ta je před prahem dráhy 300 metrů červená a za prahem dráhy bílá. Přibližovací světelná soustava na Letišti Leoše Janáčka Ostrava pro dráhu 22 je na obrázku 4.3. Práh dráhy je po celé šíři vysvícen zeleně. Dráhová světla jsou po celé délce RWY, osová světelná návěstidla jsou bílá, před koncem se střídá bílá s červenou, těsně u konce jsou pouze červená a jsou v rozestupech 15 metrů. Postranní dráhová světelná návěstidla jsou také bílá, před koncem dráhy jsou střídána se žlutými a jsou v rozestupech 50 metrů. Konec RWY je značen červeně vysvícenou příčkou. Na levé straně od RWY jsou umístěna návěstidla světelné sestupové soustavy PAPI.



**Obrázek 4.1 – Přiblížovací soustava na RWY 22**

Druhá možnost přiblížení na toto letiště je na dráhu 04. Její prodloužená osa před prahem dráhy má 450 metrů, je vybavena jednou příčkou 300 metrů před prahem. Práh dráhy je vyznačen zeleně. Dráhová světelná návěstidla jsou po celé délce RWY, osová světelná návěstidla jsou bílá, před koncem se střídá bílá s červenou a těsně u konce jsou pouze červená a jsou v rozestupech 15 metrů. Postranní dráhová světelná návěstidla jsou také bílá, před koncem dráhy jsou střídána se žlutými a jsou v rozestupech 50 metrů. Konec RWY je značen červeně vysvícenou příčkou. Na levé straně od RWY jsou umístěna návěstidla světelné sestupové soustavy PAPI. Přiblížení na RWY 04 na Letišti Leoše Janáčka Ostrava je na obrázku 4.4.

Vzlety za nízké dohlednosti je možné provést na obou drahách. [8]



**Obrázek 4.2 – Přiblížení na RWY 04**

Na pojezdových drahách jsou použita zelená osová návěstidla. V místech, kde jsou ukončena nebo jsou navzájem křížena, jsou doplněna oranžovou barvou.

## **4.2 Navigační prostředky pro přesné přiblížení**

Na Letišti Leoše Janáčka Ostrava je možné provést přesné přiblížení na dráhu 22. Tato dráha je vybavena zařízením přesného přiblížení ILS, které je zřízeno pro podmínky za nízké viditelnosti a splňuje tak kategorii CAT II a CAT III B. Před prahem dráhy jsou také vybudována návěstidla, která jsou popsána v předchozí kapitole. Zařízení GP (Glide Path) je umístěno na levé straně, 90 metrů od dráhy v bodě dotyku a je spojeno se zařízením DME. Jeho vysílaná rovina svírá úhel  $3^\circ$  s rovinou dráhy. Druhé zařízení ILS je LC (Localizer), které je umístěno za koncem dráhy.

Aby byla možnost zahájit provoz za nízké dohlednosti, musí být splněny následující podmínky:

- letiště musí být vybaveno zařízením ILS CAT II nebo CAT III,
- světelným zabezpečovacím zařízením, které musí obsahovat:
  - světelnou soustavu pro přiblížení
  - prahová návěstidla
  - osová návěstidla RWY
  - postranní dráhová návěstidla
  - návěstidla dotykové zóny RWY

- koncová návěstidla RWY
- osová návěstidla pojezdových drah
- stop příčky na pojezdových drahách (viz. obrázek 4.3)

Dále musí být letiště vybaveno záložním přívodem elektrické energie, automatizovaným meteorologickým systémem a letištním monitorovacím systémem.

Přesná přiblížení CAT II, CAT III budou změněna na CAT I v případě výpadku měření dráhové dohlednosti z kteréhokoliv bodu. [8]

### **4.3 Navigační prostředky pro nepřesné přiblížení**

Letiště Leoše Janáčka Ostrava je vybaveno několika zařízeními pro nepřesné přiblížení, která zde v krátkosti budou uvedena.

Zařízení VOR/DME, jehož název je OTA, je přizpůsobeno na přiblížení pro obě dráhy. Všesměrový radiomaják se nachází v polovině dráhy na severní straně letiště. Dalším zařízením je přiblížení RNP, které využívá principů GNSS. Tato možnost přiblížení je také definována na obě dráhy. Letiště je také vybaveno postupy pro přiblížení pomocí NDB, taktéž pro obě dráhy.

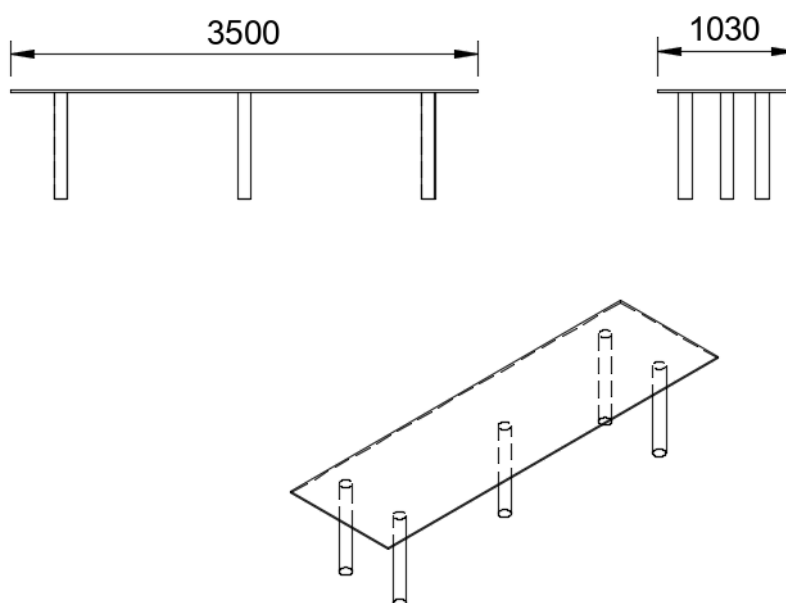
## 5. Model letiště

Hlavním cílem realizace nového modelu ostravského letiště bylo zvětšení měřítka, zpřesnění oproti starému modelu a tím také lepší znázornění. Starý model z roku 2013 už byl poněkud zastaralý a již nebyl používán. Důležité tudíž bylo, aby bylo možné model využívat ve výuce. Například v předmětech jako jsou Přístrojové vybavení letadel, Letecká legislativa, Provozní postupy a další.

### 5.1 Konstrukce modelu

Model je konstruován horizontálně. Základem modelu je surová dřevotřísková deska

o rozměrech 2650mm x 1030mm a tloušťky 18mm. Na níž jsou připojeny z každé strany dvě desky o rozměrech 350mm x 1030mm a 500mm x 1030mm. Delší deska se nachází na straně od RWY 22, aby byl zajištěn dostatečný prostor pro vizualizaci přibližovací soustavy pro přesné přiblížení. Celá tato deska je vyztužena smrkovými hranoly, aby při manipulaci nedocházelo k deformaci materiálu základní desky. Na tomto panelu jsou ze spodní strany připevněny oddělitelné nohy pro lepší manipulaci s celým modelem. Z důvodu lepšího rozložení hmotnosti modelu je nohou celkem pět. Čtyři se nachází v rozích a pátá je uprostřed celého stolu (viz. obr. 5.1.).



Obrázek 5.1 – Základní rozměry stolu

## 5.2 Povrch

Surová dřevotříska byla vybrána proto, že má hladký povrch. V úvahu byly také OSB desky, ty ovšem nemají tak pěkný povrch. V první fázi byl vyhotoven jednoduchý náčrt provozních ploch (viz. obr. 5.2) pomocí 2D modelu, které nám poskytlo Letiště Leoše Janáčka Ostrava. Bylo zapotřebí stanovit měřítko. Jelikož dráha ve skutečnosti má 3,5 km a pojezděcí dráhy jsou podstatně kratší, musela se zvolit různá měřítko (viz. tab. 5.1.).

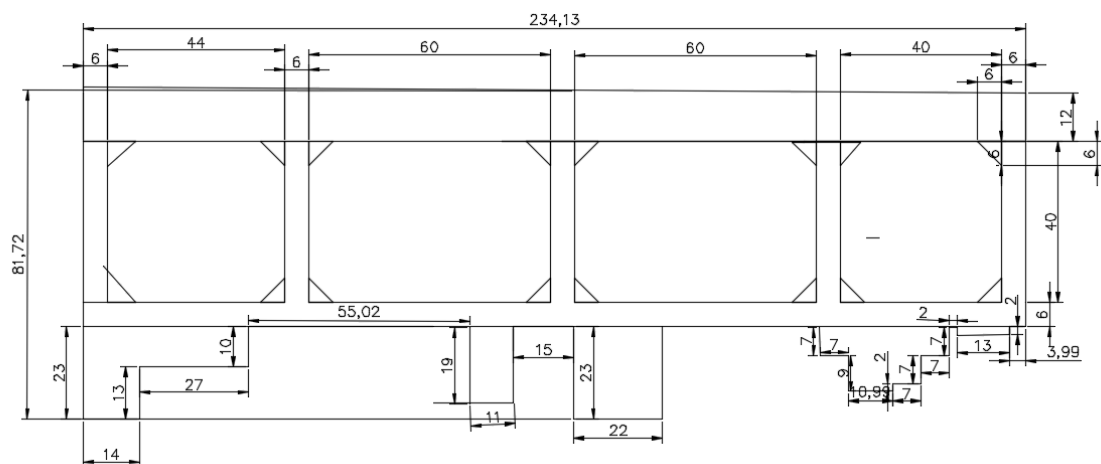
(metry)	Délka skut.	Šířka skut.	Model délka	Model šířka
RWY	3511	63	2,34	0,126
TWY A	380	21	0,38	0,06
TWY B	380	21	0,38	0,06
TWY C	380	21	0,38	0,06
TWY D	380	21	0,38	0,06
TWY E	380	23	0,38	0,06
Vzdálenosti (metry)		Skutečná		Model
TWY A	TWY B	680	0,45	40
TWY B	TWY C	1050	0,7	60
TWY C	TWY D	1050	0,7	60
TWY D	TWY E	680	0,45	40

1 : 1500
1 : 1000
1 : 500
1 : 350

Tabulka 5.1 – Rozměry ploch letiště a modelu

Tyto rozměry jsou použity tak, aby se zachoval co nejreálnější tvar letiště a zároveň, aby provozní plochy byly dostatečně velké pro znázornění. Pro RWY je použito na délku měřítko 1:1500, což na modelu je 2,34 m a měřítko na šířku 1:500 (viz obrázek 5.2).

Hlavním zdrojem skutečných rozměrů byl 2D model letiště, použity byly také AIP a mapy z podkladů serveru mapy.cz.



**Obrázek 5.2 – Jednoduchý náčrt rozměrů provozních ploch modelu**

Byly naznačeny provozní plochy na desku (viz. obrázek 5.2) a oblepeny páskou. Následně se provozní plochy nastříkaly šedým matným sprejem. Tato barvu byla zvolena z toho důvodu, že se nejvíce podobá asfalto-betonovým plochám. Na plochy, které nebyly nalakovány jsou ve skutečnosti travnaté. Na ně byl použit modelářský koberec, který imituje travnatý porost (viz. obrázek 5.3).



**Obrázek 5.3 – Povrch modelu**

### 5.3 Vizuální navigační prostředky

Požadavky na tyto prostředky vycházejí z předpisu L14, hlavy 5. Při tvorbě modelu bylo snahou o dodržení jejich definice a zároveň jejich reálné zobrazení jako na Letišti Leoše Janáčka Ostrava. Rozměrově byly upravovány, aby do modelu seděly a byly dostatečně viditelné.

#### 5.3.1 Barevné značení

Jak lze vidět na obrázku 5.4. osové značení pojezdových drah je žluté barvy. Má tloušťku 3 mm a je na všech pojezdových drahách.

Všechna značení RWY jsou bílé barvy. V tomto případě nebylo nutné doplňovat kvůli kontrastu značení černým lemem, ale ve skutečnosti na letišti lemy jsou. Postranní značení RWY je plné po celé délce a má tloušťku 3 mm. Osově značení RWY je střídajících se pruhů o délce 60 mm a tloušťce 3 mm. Označení RWY je jako skutečné, má velikost 30 mm a je pro obě dráhy. Prahové značení je ze šestnácti pruhů o délce 30 mm a šířce 3 mm pro každou dráhu. Na tato značení bílé barvy byla použita bílá matná folie.



Obrázek 5.4 – Značení RWY



### 5.3.2 Světelná návěstidla

Všechna světelná návěstidla jsou realizována pomocí led diod. Realizace probíhala pájením každé led diody do okruhu zvlášť. Všechny led diody jsou o průměru 3 mm. Některé mají zapuštěné celé své tělo do panelu a jde vidět pouze hlavička diody. Takto jsou umístěny převážně osová návěstidla. Nadzemní návěstidla jsou celým tělem diody venku. Jejich samotné zapojení je sériové na určitý počet led diod. Následné svazky jsou propojeny paralelně na sebe (viz. obr. 5.6). Jako zdroj je použito trafo, které dává do okruhu 40 V a 400 mAh a je připojeno z běžné sítě.

Každý světelný okruh lze ovládat samostatně pomocí panelu se spínači. Tyto okruhy jsou následující:

- *Osová a postranní světelná návěstidla RWY* – Zde se nachází pouze bílé led diody. Osová návěstidla jsou zapuštěné, postranní jsou celým tělem venku. Osových je 58 a postranních je 60. Na panelu jsou pod označením RWY.
- *Osová návěstidla pojezdových drah* – Tyto osy jsou realizovány pomocí zelených led diod. Na každém konci osy na RWY jsou doplněny o dvojici oranžových diod střídajících se se zelenými led diodami. Na modelu jich je celkem 75 a jsou zapuštěny. Jsou zapojeny samostatně pro každou pojízďecí dráhu. Tudíž na panelu jsou označeny jako TWY A, TWY B, TWY C, TWY D, TWY E, TWY F. TWY F je hlavní pojezdová dráha, rovnoběžná s RWY. Značení je shodné jako na LKMT.
- *Postranní návěstidla pojezdových drah* – Tato návěstidla jsou zhotovena z modrých led diod. Na modelu jich je celkem 103. Na panelu jsou označeny jako TWY Side.
- *Přibližovací soustava RWY 04* – Tato soustava je zhotovena z bílých, zelených a červených led diod. Při jejím provozu musí být spuštěna osová a postranní návěstidla RWY (označena na panelu jako RWY). Před prahem dráhy je prodloužená osa v bílé barvě, jedna příčka na ní kolmá. Práh dráhy je ze zelených led diod. Konec dráhy je vysvícen červenou příčkou. Před koncem dráhy jsou v ose bílé led diody doplněny červenými. Na ovládacím panelu je označen jako RWY 04.
- *Přibližovací soustava RWY 22* – Tato jednoduchá přibližovací soustava je tvořena prodlouženou osy RWY bílé barvy, jednou příčkou na ní kolmou. Práh RWY je ze zelených led diod. Konec RWY je kolmý na osu z červených led diod. Ke konci RWY je osa doplněna také červenými led diodami. Tato soustava

je na ovládacím panelu pod označením RWY 22. Může být opět spuštěna pouze za provozu RWY.

- *Přiblížovací soustava CAT III* – Tato soustava vychází z přiblížovací soustavy RWY 22. Je doplněna zobrazenou dotykovou zónou, ta je před prahem dráhy červená, za prahem dráhy bílá a další příčkou. (viz. obrázek 5.5.) Na ovládacím panelu je označena jako CAT III. Tuto soustavu lze opět spustit pouze za provozu RWY a RWY 22.



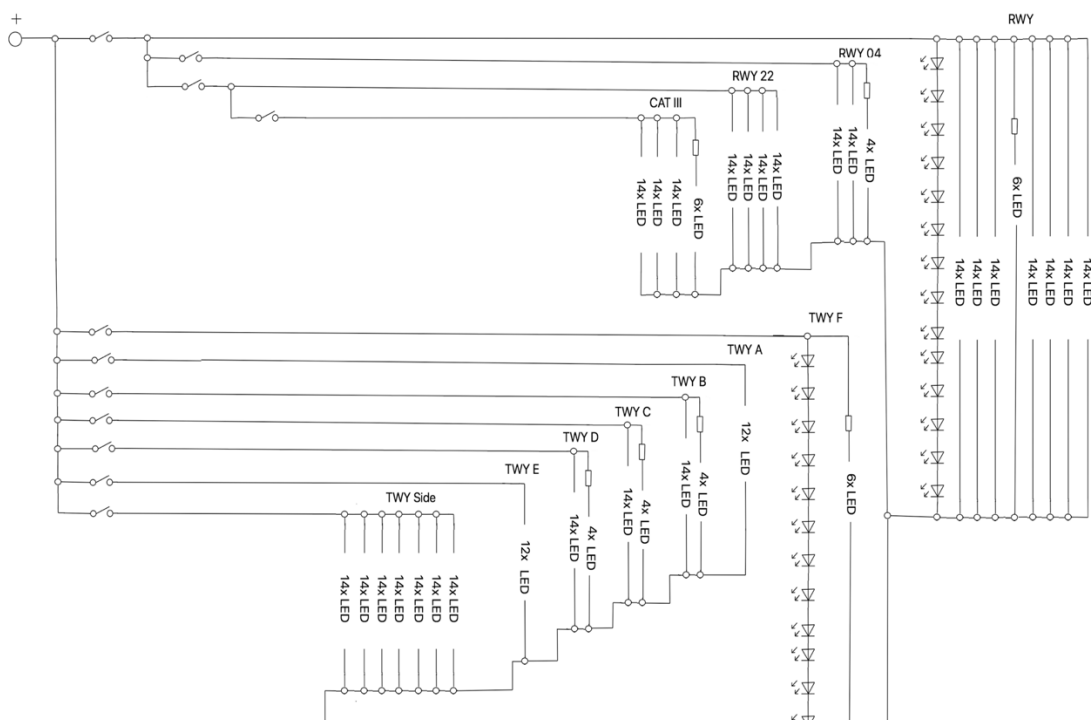
**Obrázek 5.5 – Přiblížovací soustava RWY 22**

- *Záblesková soustava* – Tato soustava imituje záblesky pro přiblížení za nízké viditelnosti na RWY 22. Záblesková světla jsou v prodloužené ose dráhy. Spustí se tlačítkem Flash ON a vypne tlačítkem Flash OFF. Tato soustava je realizována pomocí běžce, který je napájen 9 V baterií.

Samostatně jdou zapnout všechny jednotlivá osová návěstidla pojezdových drah, postranní návěstidla všech pojezdových drah. Osová a postranní návěstidla RWY jdou také

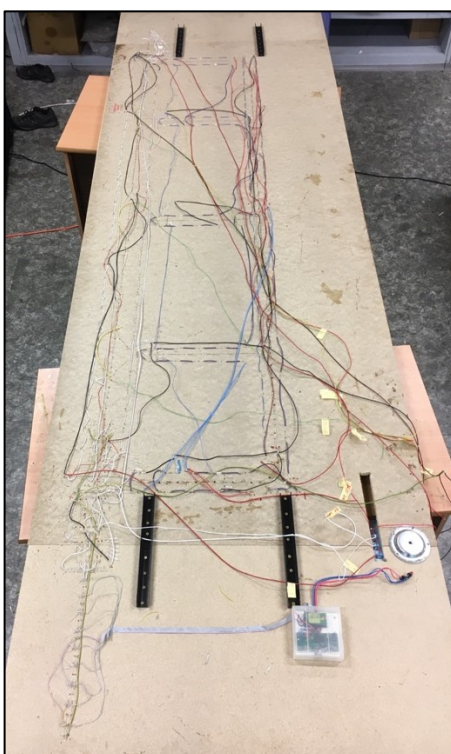
zapnout samostatně, na jejím zapnutí jsou ovšem závislé přibližovací soustavy drah 22 a 04.

Všechna tato zapojení jsou ve schématu na obrázku 5.6, kromě zábleskové soustavy. Ta kvůli baterie není zapojená na hlavní zdroj.



**Obrázek 5.6 – Schéma zapojení**

Zapojení bylo realizováno ze spodní strany modelu, jak lze vidět na obrázku 5.7.



**Obrázek 5.7 – Spodní strana modelu**

## 5.4 Model ILS

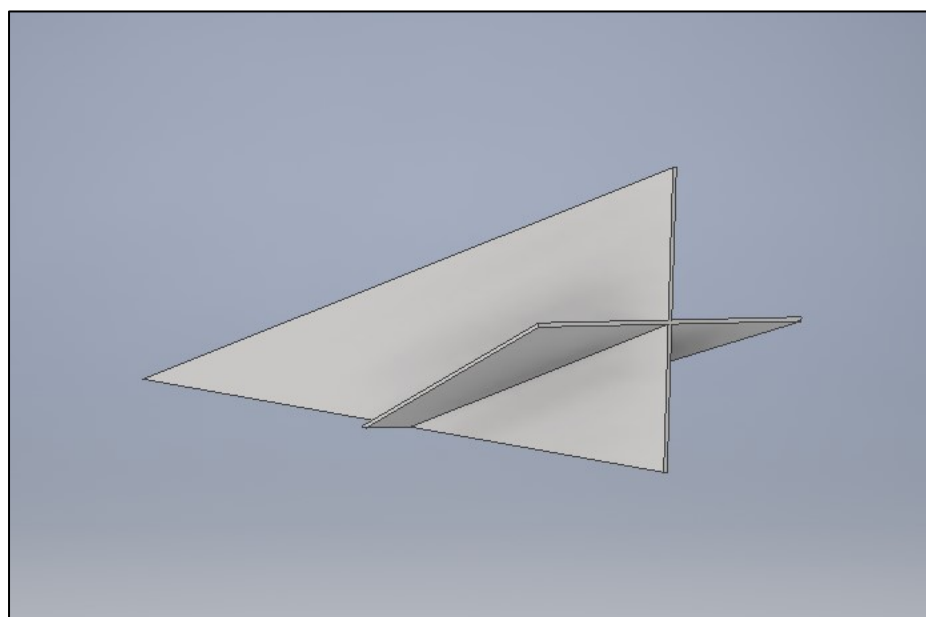
Tento model přesného přístrojového přiblížení pomocí zařízení ILS je zrealizován pro lepší znázornění vyzařovaných rovin. (viz. obrázek 5.8) Jak už bylo zmíněno v kapitole o přesném přiblížení, tento druh přiblížení dává pilotovi informace o horizontální a vertikální poloze. Zařízení vyzařuje dvě roviny. Kurzový radiomaják vyzařuje rovinu kolmou k rovině RWY a je totožný s osou RWY. Sestupový radiomaják (Glide Path) vyzařuje sestupovou rovinu. Cílem pilota je držet se v průsečíku těchto dvou rovin.

Úhel sestupové roviny je nejčastěji  $3^\circ$ . Na modelu by ovšem tento úhel byl moc malý. Musel být tedy zvolen úhel větší. Pro dosažení dobré názornosti byl zvolen úhel  $30^\circ$ .

Tento model je vyroben z čirého plexiskla o tloušťce 4 mm. Je dlouhý 1 metr a široký 0,3 m.

Jsou zde také znázorněny červenými proužky minima pro různé kategorie ILS. Nejvyšší proužek je pro CAT I, prostřední je pro CAT II a nejnižší je pro CAT III B.

Model je odnímatelný, tudíž lze pro názornost na model nasadit do předem připravených pozic.



Obrázek 5.8 – Model ILS

## 5.5 Model VOR

Model všesměrového radionavigačního majáku, který vysílá všemi směry své radiály. Je zhotoven také z plexiskla o tloušťce 10mm. Jeho tvar je kruhový o průměru 40 cm.

Jsou na něm znázorněny vysílané radiály. Je také odnímatelný od celého modelu. Má svou přesnou pozici a směr.

## 5.6 Modely budov

Tyto modely jsou orientační pro větší autenticitu celého modelu. Jsou vyrobeny pomocí 3D Tisku. Jsou vyrobeny pouze největší budovy, které se nachází v blízkosti provozních ploch letiště. Jsou to hangáry společnosti JOBair a lakovna, terminál a budova Řízení letového provozu s hasičárnou.

## 5.7 Finanční náročnost modelu

Na tento model byly poskytnuty prostředky z Institutu Dopravy. Všechny materiály a komponenty byly kupovány v obchodech. Nejnáročnější z hlediska množství financí byly komponenty k elektroinstalaci. Celkové finance jsou v tabulce 5.2.

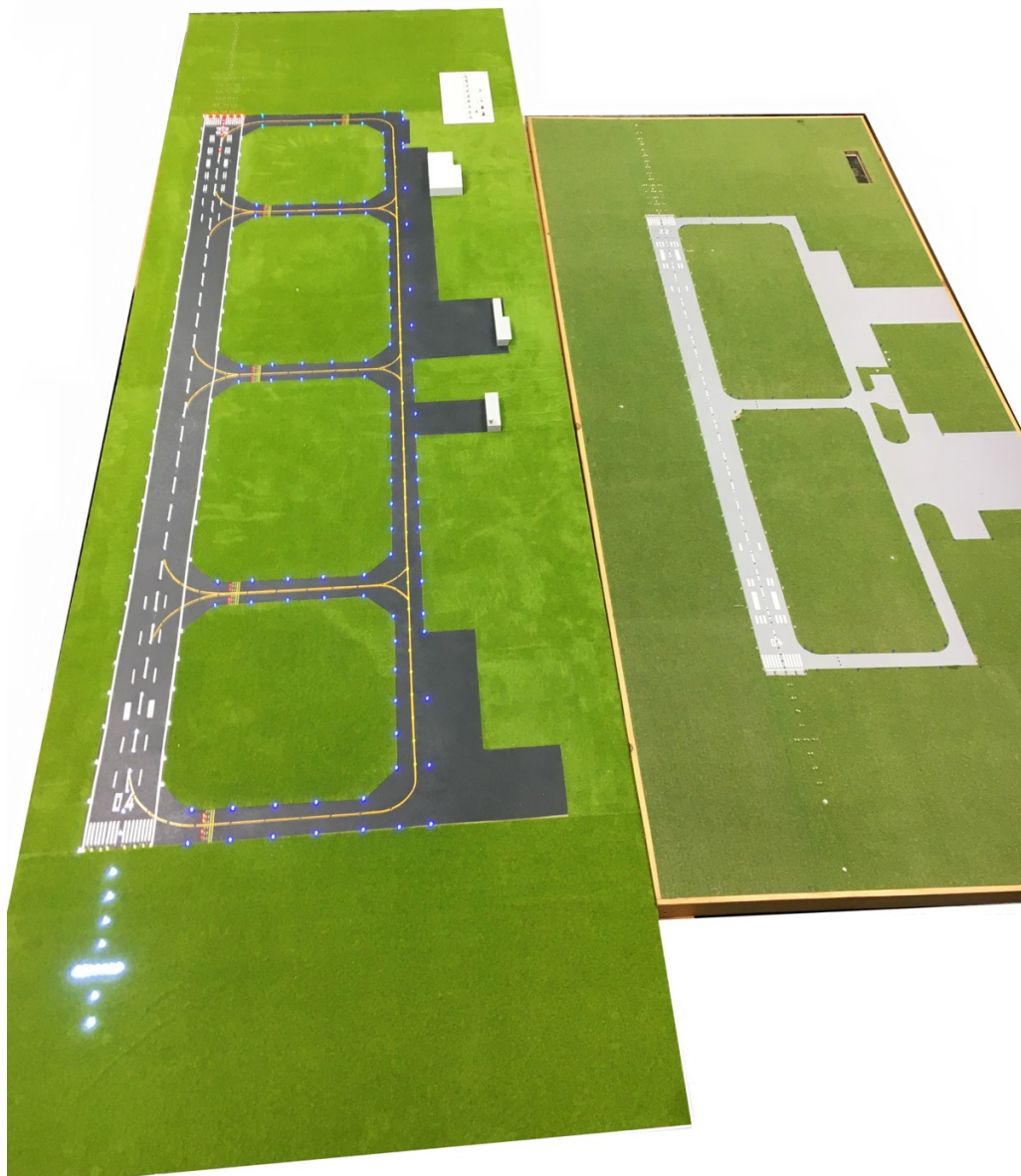
Položka	částka (Kč)
Materiál - dřevo	1100
Materiál - barvy	572
Materiál - tráva	1055
Materiál - elektroinstalace	2820
Plexisklo	600
Nohy stolu	500
Celkem	6647

Tabulka 5.2 – Finance modelu

## 5.8 Porovnání se starým modelem

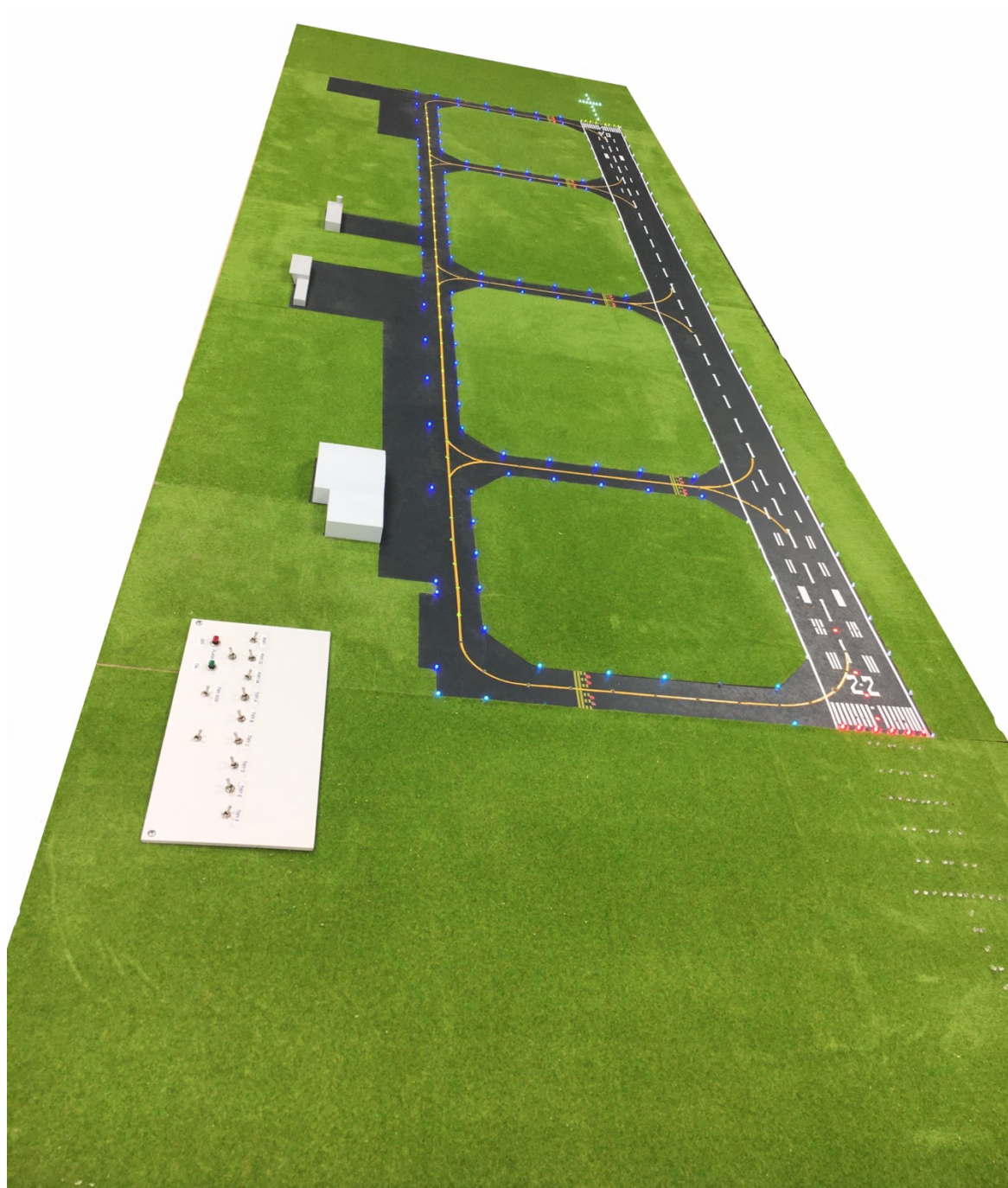
Předchozí model byl dosti jednodušší. Nebyly na něm znázorněny některé důležité prvky a také modely jednotlivých prvků nebyly kvalitní. Hlavním cílem pro nový model bylo zvětšení měřítka (viz. obrázek 5.9). Tím bylo umožněno většího prostoru pro znázornění prvků jako jsou například osy pojezdových drah a jejich světelné provedení. Dále bylo provedeno nové ovládání všech světel, které nyní umožňuje více variant zobrazení. Toto přispívá k větší autenticitě jako na Letišti Leoše Janáčka Ostrava.





**Obrázek 5.9 – Porovnání modelů**

Hotový model je na obrázku 5.10. Na modelu v této konfiguraci jsou zapnuta postranní návěstidla pojezdových drah (TWY SIDE), osa pojezdové dráhy C (TWY C) a F (TWY F), osová a postranní návěstidla RWY (RWY), přibližovací soustava na dráhu 04 (RWY 04).



### Obrázek 5.10 - Model

## Závěr

Cílem bakalářské práce bylo prozkoumat předpis, který se vztahuje na letiště a principy navigačních prostředků letišť. Následně tyto poznatky využít pro realizaci fyzického modelu letiště a výukový materiál k němu. Model měl být aktualizací předešlého modelu, ale z hlediska náročnosti aktualizace bylo rozhodnuto model kompletně zhotovit znovu.

Výsledkem této práce je funkční model Letiště Leoše Janáčka Ostrava, který je určen k použití ve výuce na Institutu dopravy. Nejnáročnější praktickou částí této práce bylo zapojení elektrického obvodu osvětlení modelu, neboť každá led dioda byla zapojována zvlášť. Na modelu se nachází přes 500 samostatných led diod. Tyto všechny diody jsou zapojeny do několika samostatných okruhů. Díky tomu je možné na modelu nasimulovat různé situace pro přiblížení a pohyb na provozních plochách. Model umožní studentům lepší znázornění orientace na mezinárodním letišti. Ne každý má totiž možnost dostat se legálně na plochy mezinárodního letiště.

Práce byla primárně zaměřena na systémy, které se používají nejčastěji při přiblížení. Z tohoto důvodu byly některé systémy úplně vynechány nebo jen okrajově zmíněny.



## Poděkování

V první řadě bych chtěl poděkovat vedoucímu této práce Ing. Vojtěchu Grafovi, Ph.D. za rady a pomoc při zpracování práce a vytvoření modelu. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Jakubu Měsíčkovi za pomoc při tisku modelů budov, Martinu Šimíkovi za příležitost pořídit noční fotky Letiště Leoše Janáčka Ostrava a vedení projektu Formula TU Ostrava za využití prostor pro realizaci modelu.

## Zdroje:

1. *About ICAO* [online]. Montreal: ICAO, 2005 [cit. 2020-02-23]. Dostupné z: <https://www.icao.int/about-icao/Pages/default.aspx>
2. *Historie* [online]. Jeneč, 2010 [cit. 2020-02-23]. Dostupné z: <http://www.rlp.cz/spolecnost/profil/Stranky/historie.aspx>
3. L14. *LIS* [online]. Praha: LIS, 2009, 2009 [cit. 2020-03-03]. Dostupné z: <https://aim.rlp.cz/predpisy/predpisy/index.htm>
4. SOLDÁN, Vladimír. Letové postupy a provoz letadel. Jeneč: Letecká informační služba Řízení letového provozu České republiky, 2007. ISBN 978-80-239-8595-5.
5. VOSECKÝ, Slavomír. Radionavigace (062 00). Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2006. Učební texty pro teoretickou přípravu dopravních pilotů dle předpisu JAR-FCL 1. ISBN 80-7204-448-6.
6. KAZDA, Antonín. Letiská: design a prevádzka. V Žiline: Vysoká škola dopravy a spojov, 1995. ISBN 80-7100-240-2
7. HELFRICK, Albert D. *Principles of avionics*. 5th ed. Leesburg: Avionics Communications, c2009. ISBN 978-1-885544-27-8.
8. *AIP LKMT* [online]. CZECH REPUBLIC: LIS, 2016 [cit. 2020-03-20]. Dostupné z: [https://aim.rlp.cz/ais\\_data/www\\_main\\_control/frm\\_cz\\_aip.htm](https://aim.rlp.cz/ais_data/www_main_control/frm_cz_aip.htm)
9. *Znázornění paprsků Localizeru a sestupové roviny* [online]. In: . [cit. 2020-03-18]. Dostupné z: <http://www.sphaera.co.uk/images/ils1.jpg>
10. *PŘÍSTROJOVÉ VYBAVENÍ LETADLA: UČEBNÍ TEXTY PRO TEORETICKOU PŘÍPRAVU DOPRAVNÍCH PILOTŮ DLE PŘEDPISU JAR-FCL 1* [online]. In: . VŠB---TU Ostrava, Děkanát Fakulty strojní, 17.listopadu 15, 708 33 OSTRAVA---Poruba, LISTOPAD 2002 [cit. 2020-04-27].
11. *Měření vzdálenosti DME* [online]. In: . [cit. 2020-04-18]. Dostupné z: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:DME\\_overfly.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:DME_overfly.png)
12. *Úřad pro civilní letectví* [online]. [cit. 2020-03-15]. Dostupné z: <https://www.caa.cz>

## Seznam obrázků

Obrázek 2.1 – Značení vyčkávacího místo RWY na LKMT .....	17
Obrázek 3.1 – Ukazatel ILS.....	23
Obrázek 3.2 – Znázornění paprsků Localizeru a sestupové roviny .....	25
Obrázek 3.3 – Povelové příkazy ILS .....	25
Obrázek 3.4 – Radiály zařízení VOR .....	28
Obrázek 3.5 – Měření vzdálenosti DME .....	29
Obrázek 3.6 – Ukazatel NDB .....	29
Obrázek 4.1 – Přibližovací soustava na RWY 22.....	34
Obrázek 4.2 – Přiblížení na RWY 04 .....	35
Obrázek 5.1 – Základní rozměry stolu.....	37
Obrázek 5.2 – Jednoduchý náčrt rozměrů provozních ploch modelu .....	39
Obrázek 5.3 – Povrch modelu .....	39
Obrázek 5.4 – Značení RWY .....	40
Obrázek 5.5 – Přibližovací soustava RWY 22 .....	42
Obrázek 5.6 – Schéma zapojení .....	43
Obrázek 5.7 – Spodní strana modelu .....	43
Obrázek 5.8 – Model ILS .....	44
Obrázek 5.9 – Porovnání modelů .....	46
Obrázek 5.10 – Model .....	47

## Seznam tabulek

Tabulka 2.1 – První prvek značení .....	12
Tabulka 2.2 – Druhý prvek značení .....	13
Tabulka 2.3 – Šířka RWY a počet pruhů.....	16
Tabulka 3.1 – Kategorie ILS .....	24
Tabulka 4.1 – Vyhlášené délky.....	32
Tabulka 4.2 – Použitelné délky při vzletu z křižovatky .....	33
Tabulka 5.1 – Rozměry ploch letiště a modelu .....	38
Tabulka 5.2 – Finance modelu .....	45